LA BIOLOGIA EN EL SIGLO XIX
PROBLEMAS DE FORMA, FUNCION Y TRANSFORMACION

WILLIAM COLEMAN



BREVIARIOS
Fondo de Cultura Económica

BREVIARIOS

del

FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

350

LA BIOLOGÍA EN EL SIGLO XIX

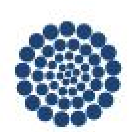
Traducción de
GEORGINA GUERRERO

LA BIOLOGÍA EN EL SIGLO XIX

Problemas de forma, función y transformación

por

WILLIAM COLEMAN





CONACYT
FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Primera edición en inglés, 1971
Primera edición en español, 1983
Primera edición electrónica, 2016

Este libro se publica con el patrocinio del
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Título original:
Biology in the Nineteenth Century. Problems of Form, Function, and Transformation
© 1971, John Wiley & Sons, Inc.
1977, Cambridge University Press
ISBN 0-521-29293-X

D. R. © 1983, Fondo de Cultura Económica
Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14738 Ciudad de México

Comentarios:
editorial@fondodeculturaeconomica.com
Tel. (55) 5227-4672



ISBN 978-607-16-4424-4 (mobi)

Hecho en México - *Made in Mexico*

PRÓLOGO

Corresponde a las ciencias una parte cada vez más grande del esfuerzo intelectual del mundo occidental. Cultivadas por sí mismas, junto con pretensiones religiosas o filosóficas, o con la esperanza de alcanzar innovaciones tecnológicas o de poner nuevas bases para la actividad económica, las ciencias han creado principios conceptuales distintivos, forjado normas de la preparación y la práctica profesionales y han dado nacimiento a organizaciones sociales e instituciones de investigación. Consecuentemente, la historia de las ciencias —astronomía, física y sus métodos matemáticos asociados, química, geología, biología y diversos aspectos de la medicina y el estudio del hombre— muestra, a la vez, gran interés, con una complejidad excepcional, y opone a la investigación e interpretación dificultades numerosas.

Desde hace más de medio siglo un grupo internacional de eruditos ha estudiado el desarrollo histórico de las ciencias. A menudo tales estudios han requerido del lector un grado considerable de competencia científica. Además, estos autores suelen escribir para un pequeño público de especialistas en la historia de la ciencia. De tal modo, tenemos la paradoja de que las ideas de los hombres que se han comprometido profesionalmente a elucidar el desarrollo conceptual y el influjo social de la ciencia no estén al fácil alcance del hombre instruido moderno, a quien le interesan la ciencia, la tecnología y el lugar que éstas ocupan en su vida y cultura.

Los editores y los autores de la serie Historia de la Ciencia [de la Universidad de Cambridge] se han propuesto llevar la historia de la ciencia a un auditorio más amplio. Las obras que componen la serie tienen por autores a personas plenamente familiarizadas con la bibliografía erudita de su tema. Su tarea, que nada tiene de fácil, ha consistido en sintetizar los descubrimientos y las conclusiones de la moderna investigación en materia de historia de la ciencia y presentarle al lector común un relato breve y preciso, que es a la vez un análisis de la actividad científica de los periodos principales de la historia de Occidente. Aunque cada tomo es completo en sí mismo, los diversos tomos en su conjunto nos dan una panorámica general

comprensible de la tradición científica de Occidente. Cada tomo, además, comprende una amplia bibliografía de las materias de estudio.*

George Basalla
William Coleman

I. BIOLOGÍA

LA BIOLOGÍA fue introducida en el siglo XIX. Llegó primero la palabra y se necesitó un siglo de actividad incesante para crear una ciencia floreciente. La biología es el estudio de las criaturas vivas, que incluye la descripción y la explicación de su estructura, de sus procesos vitales y de la forma en que se producen. Entre los fenómenos naturales pocos pueden ser más impresionantes que la armoniosa disposición de partes y procesos que constituyen el ciclo vital de toda planta y todo animal. Desde la Grecia antigua el organismo integral ha sido el fenómeno principal y el problema básico para todos aquellos que eligen el estudio de los seres vivos. Este interés ha continuado, sin disminuir, hasta los tiempos modernos. Sin embargo, el organismo vegetal o animal puede tomarse en consideración en una diversidad de formas, y la definición de esos intereses especiales dio lugar a distintas doctrinas, introdujo nuevas técnicas de investigación y exposición y, de hecho, produjo un cuerpo especializado de investigadores.

Ése fue el destino de la biología durante el siglo XIX. El término *biología* apareció por primera vez en una nota a pie de página de una oscura publicación médica alemana, en 1800. Dos años después apareció de nuevo, al parecer independientemente, y se le dio amplia publicidad en los tratados de un naturalista alemán (Gottfried Treviranus) y de un botanista francés que se dedicó a la zoología (Jean Baptiste de Lamarck). La nueva palabra se había hecho ya un tanto corriente en el idioma inglés hacia 1820. No obstante la palabra *biología* pronto iba a designar a una de las ciencias más importantes y más elevadas de la filosofía positivista, del gran filósofo social francés Auguste Comte. Y mayormente, por medio de sus escritos de la década de 1830 y de la ulterior propaganda hecha por sus discípulos, el término ganó adeptos y llegó a albergar bajo su amplio techo una multitud de temas y estudiosos anteriormente dispares.

Pero ningún término constituye una ciencia sólo por sí mismo y las definiciones tempranas de la biología sugieren límites, así como extensiones, de los entonces corrientes estudios de plantas y animales. Para Treviranus, los

objetos de nuestra investigación serán los diferentes fenómenos y las diferentes formas de la vida, las condiciones y las leyes bajo las que ocurren y las causas que los producen. A la ciencia que se ocupa de estos objetos la llamaremos Biología o Ciencia de la Vida.

La definición de Lamarck es como sigue:

Biología: ésta es una de las tres divisiones de la física terrestre; incluye todo lo que pertenece a los cuerpos vivos y particularmente a su organización, sus procesos de desarrollo, la complejidad estructural que resulta por la acción prolongada de los movimientos vitales, la tendencia a crear órganos especiales y a aislarlos enfocando la actividad en un centro y así sucesivamente.

Estas definiciones concuerdan con una significativa exclusión del terreno propio de la biología. Ni Treviranus ni Lamarck le otorgan a la historia natural tradicional un sitio integral en la nueva ciencia. La descripción y la clasificación de minerales, plantas y animales habían prosperado y progresado desde el siglo XVII. Una vasta visión de los productos naturales (minerales, plantas y animales, en contraste con las producciones del artificio del hombre) encontró albergue análogo en las innumerables *Historias Naturales* del siglo XVIII. La actividad descriptiva general constituía la esencia de la historia natural y quienes se dedicaban a ella podían llamarse en gran parte naturalistas. Pero los especialistas ya estaban activos. El uso común daba el nombre de botanistas a los estudiosos de las plantas y el de zoólogos a los de los animales. La atención del naturalista, el botanista y el zoólogo se enfocaba en los aspectos externos, la distribución geográfica de las especies y las relaciones supuestas entre diferentes plantas y animales. Principalmente, se intentaba lograr una enumeración cada vez más completa y una clasificación precisa y útil de las especies de criaturas vivas y de los minerales.

Quienes acuñaron el término *biología* estaban esperando reorientar los intereses y las investigaciones de aquellos que estudiaban la vida. Su interés primordial lo constituían los procesos funcionales del organismo, cuyo efecto agregado podría muy bien ser la vida misma. Ese interés extendió la fisiología desde las investigaciones médicas, su preocupación tradicional, hasta el examen de los procesos vitales de animales y plantas. William Lawrence, un fisiólogo inglés, declaró que había llegado el momento de explotar el reino descriptivo de los naturalistas y dejar de ensancharlo perpetuamente. Ahora tenemos que “explorar el estado activo de la estructura animal [y vegetal]” y hacerlo así comprendiendo claramente que “la observación y el experimento son las únicas fuentes de nuestro conocimiento de la vida”. Con el término *biología* llegó una obvia petición de confinar esa

ciencia a las funciones vitales como la respiración, la generación y la sensibilidad. Hasta ya muy avanzado el siglo la biología y la fisiología fueron virtualmente expresiones sinónimas.

De ninguna manera deberíamos llegar a la conclusión de que esas declaraciones extinguieron los intereses y la práctica tradicionales del naturalista. La historia natural siguió siendo una ocupación próspera durante todo el siglo XIX y, hacia el fin de ese periodo, fue considerada, por hombres con una visión más amplia, como una ocupación que justamente reclamaba una participación necesaria e importante del biólogo. Pero el ascenso de la fisiología vegetal y animal era más espectacular y ofrecía todo el atractivo de una ciencia nueva y potencialmente fundamental. La fisiología misma era una ciencia antigua y sus estudiosos, a menudo, habían recurrido a los animales (pero, como es obvio, rara vez a los vegetales) para instruirse útilmente en las funciones del cuerpo humano. Empero, la fisiología se refería al estudio de las funciones del cuerpo humano y era, en su mayor parte, un tema de interés médico. Con pocas pero significativas excepciones, escasa fue la atención que se acordó, antes de la década de 1780, a los procesos vitales de animales y plantas por sí mismos. En el sentido más tangible, la fisiología estaba aferrada a la medicina: ya muy avanzado el siglo XIX, los fisiólogos, en su mayoría, eran entrenados como médicos y a menudo enseñaban y en ocasiones ejercían la medicina como su principal medio de vida. Sin embargo el acuñamiento del término *biología* y las implicaciones dadas de su referencia global a todos los fenómenos pertenecientes a la vida, ya fuera en la planta, en el animal o en el hombre, sugieren el desarrollo subsecuente de la ciencia. La biología durante el siglo XIX, aunque no descuidó del todo la historia natural, se dirigió, concentrada en sí misma, al análisis intensivo de las funciones orgánicas. No fue menos lo que la biología hizo por emanciparse gradualmente de sus raíces intelectuales e institucionales en la medicina. Lo que no había sido más que un término esperanzador en 1800, se había transformado en una ciencia vigorosa y autónoma hacia 1900.

Los biólogos y sus instituciones

Tradicionalmente las universidades y las academias letradas habían sido el foco del estudio científico en la Europa moderna. La calidad y el vigor de esas instituciones habían variado enormemente durante el siglo XVIII. Es

evidente una clara sucesión con respecto a las universidades y en especial a sus facultades médicas, cuyos miembros, por vocación e interés, demostraron la mayor preocupación por las ciencias de la vida. La universidad holandesa de Leiden, guiada por profesores cuya excelente instrucción era apoyada por investigación distinguida, dominó la medicina de principios del siglo XVIII. La función de Leiden fue asumida más tarde por Edimburgo. Los medios para la instrucción médica en las investigaciones biológicas en Francia fueron transformados por la Revolución. Después de 1790 París rivalizó con Edimburgo y después tomó su lugar como centro mundial de Occidente para esos estudios. Pero la hegemonía francesa duró sólo hasta la década de 1840. En ese entonces empezaron a sentirse influencias desde más allá del Rin y hubo que pasar pronto el liderazgo, en medicina y biología, a los alemanes.

Las universidades alemanas fueron, tal vez, las más distintivas instituciones intelectuales del siglo XIX. Su efecto en todos los dominios del aprendizaje fue vasto y en las ciencias, entre ellas la medicina y la biología, fue abrumador. De Alemania llegaron nuevos ideales de una legión de hombres con inventiva soberbiamente entrenados. Hacia los últimos decenios del siglo la influencia alemana en la biología se sentía en todo el mundo, de Rusia a Estados Unidos, de Japón al África. El liderazgo alemán en biología desapareció sólo después de la doble catástrofe de la primera Guerra Mundial y por las purgas de facultades y cuerpos de universidades e institutos hechas por los nazis.

Por supuesto los intereses médicos y biológicos no son coextensivos. Empero se creía generalmente y se entiende con facilidad, que las investigaciones ahora juzgadas como predominantemente biológicas se iniciaron en un ambiente médico. Esto se comprueba por el significado en evolución del tema y el término de la medicina teórica o fisiología, según se hizo notar antes y es aún más evidente con respecto a la botánica. La cátedra de *materia médica* era un fundamento esencial en la facultad de medicina. Era responsabilidad del ocupante de ese cargo dar conferencias sobre las cualidades medicinales de las plantas, durante mucho tiempo la fuente principal de los remedios, y a menudo, dirigir el jardín botánico de la facultad. A través de los siglos la cátedra de *materia médica* evolucionó hasta ser un puesto que, para todos los propósitos prácticos, estaba dedicado al estudio de las plantas exclusivamente, es decir, a la botánica. Ésa fue, por ejemplo, la posición ocupada por Carl von Linneo, el prominente botanista del periodo moderno. El estudio de la botánica llevó también a

investigaciones de organismos inferiores, sobre todo de los organismos microscópicos.

Durante el siglo XIX se aceleró esta evolución, común a casi todas las ramas del aprendizaje. Las ciencias se estaban volviendo especializadas, exactamente cuando la biología se definía a sí misma como una profesión. Botanista y zoólogo ya eran designaciones especializadas. Muchas más habrían de agregarse: fisiólogo (en el sentido no médico), histólogo, embriólogo, paleontólogo, biólogo evolutivo, bacteriólogo y bioquímico. Este proceso ha continuado hasta el siglo XX, sin disminuir el paso. Asimismo tanto los maestros de estas especialidades como los biólogos generales requieren, en común con las necesidades de todas las profesiones aprendidas, entrenamiento distintivo, fuentes de empleo, fondos, espacio y equipo para la prosecución de sus investigaciones, instalaciones para la instrucción y medios convenientes y eficaces de comunicación para anunciar descubrimientos y discutir problemas especiales. Tales necesidades impusieron demandas a la sociedad. La necesidad más obvia, y perennemente la menos satisfecha, era la de dinero. La miserable suma disponible para el trabajo científico en la Francia del siglo XIX se convirtió en un abierto escándalo y sin duda contribuyó a su precipitada declinación, a pesar de que no faltaran genio ni esfuerzo, en cantidad y calidad global del trabajo científico, incluyendo la biología, en esa nación. Las instituciones británicas dirigentes tenían, en gran parte, fondos privados. Oxford y Cambridge fomentaban las matemáticas, pero sólo en forma lenta y con extrema renuencia dedicaron sus activos a otros trabajos científicos. Los recursos efectivos para la biología experimental llegaron muy tarde a Inglaterra; se iniciaron en 1870, con el nombramiento de Michel Foster para un puesto en fisiología en el Trinity College, en Cambridge. John Dalton (1825-1889), entrenado en París por Claude Bernard y activo en la ciudad de Nueva York después de 1857, contribuyó a introducir la nueva biología experimental en los Estados Unidos de América. Sin embargo tal trabajo requería considerables haberes materiales. Se tenía que comprar equipo experimental, obtener espacio para un laboratorio y proporcionar apoyo a los estudiantes. En reconocimiento de estos hechos y debido a la fortuna de poseer una fundación amplia, tomó importancia la creación de un laboratorio y una cátedra de fisiología, con el nombre de Johns Hopkins, en 1876. La nueva universidad hizo una gran contribución a la biología y pronto recibió su recompensa siendo testigo de la significativa investigación a la que dio

lugar y, más importante aún, de una notable generación de investigadores y maestros.

No obstante, el dinero público y privado y una gran estima popular hacía mucho que se habían prodigado en una institución biológica prominente: el museo de historia natural. Los museos poseedores de muestras de plantas y animales fueron conocidos en la antigüedad y revividos por la pasión renacentista de coleccionar toda clase de objetos exóticos. Los jardines botánicos a menudo incluían colecciones de muestras desecadas; los animales planteaban mayores problemas de conservación y eran menos favorecidos. Las primeras grandes colecciones de historia natural empezaron con instituciones nacionales para la investigación o con propósitos de museo. El museo de historia natural de París fue fundado en 1635 (como jardín botánico real); el Museo Británico se inició en 1753, y sus colecciones de historia natural llegaron a una situación especial y ampliamente independiente en 1881. En los Estados Unidos de América los intereses privados se dirigían a esta actividad. Las suscripciones de ciudadanos de Filadelfia fundaron la Academia de Ciencias Naturales en 1812 y Louis Agassiz creó el Museo de Zoología Comparativa de Harvard durante la década de 1850. La colección nacional sólo se hizo posible en los años que siguieron al establecimiento, en Washington, del Instituto Smithsoniano (1846).

Todos estos avances reaparecieron, en forma exagerada, en las instituciones científicas y biológicas, nuevas o revividas, apoyadas por los diversos estados alemanes. Prusia fue líder en esta actividad. En 1809 se creó en Berlín una universidad destinada a convertirse en una de las mayores del mundo. Se hicieron nuevas fundaciones también en Breslau (1811) y en Bonn (1818). El gobierno bávaro estableció una universidad en Múnich en 1826. Su crecimiento es indicativo de la singular prosperidad de las universidades alemanas. En 1826 se hicieron los primeros nombramientos. Setenta años después Múnich poseía 178 instructores, de los cuales 98 tenían el título de profesor. Había 3 798 estudiantes inscritos, incluyendo 1 485 en medicina y farmacia. Cuatro profesores y 13 ayudantes de diversos rangos se dedicaban exclusivamente al estudio de los animales vivos y extintos. Se había creado un amplio espectro de institutos especiales, fundados, equipados y provistos del personal correspondiente para la realización de trabajo avanzado en zoología, fisiología, paleontología y otros temas.

LIBERTÉ, ÉGALITÉ, FRATERNITÉ.

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE.

MUSEUM NATIONAL D'HIST. NAT.

JE soussigné
Professeur de zoologie pour la partie des animaux sans vertèbres
au Muséum National d'Histoire Naturelle, certifie que le
Citoyen Leopold fabroni âgé de 16 ans
natif de florence Canton d
Département d
a suivi avec assiduité le Cours public de zoologie, partie des animaux
sans vertèbres fait pendant l'an 7 de la République Française.

A Paris, ce 2 thermidor l'an 7 de la République
Française, une et indivisible.

Lamarck

Visé par le Directeur

A Paris, ce 3 thermidor *l'an* sept *de la République Française, une et indivisible.*

Jussieu
directeur

FIGURA I.1. Muchos museos de historia natural no sólo coleccionaban y exponían muestras, sino que brindaban instrucción avanzada en botánica y zoología. Este documento certifica que Leopold Fabroni, de Toscana, siguió el curso de zoología de invertebrados impartido en el Museo de Historia Natural de París, por Jean Baptiste de Lamarck. Fue en este famoso curso donde Lamarck expuso sus puntos de vista sobre la evolución. (American Philosophical Society.)

El instituto de investigación y entrenamiento, afiliado a la universidad, se transformó en un rasgo característico de la vida científica alemana. Proporcionaba grandes retribuciones científicas y se convirtió en un modelo muy envidiado por fundaciones similares en otros países. Entre esos institutos tal vez fueran los más conspicuos los dedicados a la fisiología, conservados como dependencias del programa médico de las universidades. El afamado instituto de Carl Ludwig en Leipzig, al que se dieron instalaciones espaciosas e independientes en 1869, fue diseñado por el fisiólogo mismo pensando en las necesidades especiales de su ciencia. Tenía forma de *E,* con el cuerpo principal y las alas externas dedicadas cada una a una rama separada de la fisiología: experimentación animal, anatomía microscópica y química. La corta ala central albergaba un salón de conferencias. Se le proporcionaron laboratorios completamente equipados, una biblioteca científica y ayudantes entrenados para cooperar tanto en la investigación como en la instrucción. Efectivamente, fue esta actividad combinada de investigación original y enseñanza lo que definía el trabajo universitario de nivel superior en las instituciones alemanas. Los estudiantes en busca de grados superiores participaban en el programa de investigación del profesor o del instituto. Su entrenamiento formaba parte inseparable de la actividad especializada del instituto. Eran estudiantes de investigación trabajando ya en su ocupación vital. Era pues extraordinario el estímulo proporcionado a la investigación original continua y no es sorprendente que después de 1870, cuando la actividad política, económica e intelectual de Alemania se había disciplinado por completo, un periodo de trabajo en las universidades e institutos alemanes se transformara en un componente necesario en el entrenamiento de todos aquellos que aspiraran a la preeminencia en biología.

Algunas de las características más notables del establecimiento de la biología como miembro distinto de la ciencia incluyeron posiciones universitarias para el maestro y, no menos importantes, para sus estudiantes; laboratorios con instrumentos adecuados y suministros para instrucción e investigación; creación de organizaciones profesionales y de periódicos y otras publicaciones especializadas; aumento continuo de las colecciones de museos y nuevos descubrimientos en la flora y la fauna (especialmente, por medio de estaciones marítimas, las riquezas de la vida del mar). Los motivos tras esa actividad son múltiples y aún están poco explorados. Seguramente, un interés sentimental y el placer en la naturaleza y los seres vivos

desempeñaron una función tan grande en la creación de museos, como la clara tendencia a adquirir la gloria nacional. Intereses como los de la agricultura y la ingeniería sanitaria esperaban lograr ventajas de la biología y por lo tanto le prestaron su apoyo. Las posibles aplicaciones médicas, así como una función integral en el entrenamiento de los futuros médicos, alentaron para que se diera más y más apoyo a la fisiología y a otras especialidades biológicas. Los jactanciosos ideales de las universidades alemanas: *Lernfreiheit* y *Lehrfreiheit*, o sea la libertad del individuo para aprender y enseñar, sujeto sólo al control de su propio buen juicio, anunciaron al mundo que aprender tenía valor por derecho propio, que pertinencia y aplicabilidad rápida no eran necesariamente las mejores normas para juzgar todo pensamiento y acción y que el empeño universitario, en su expresión más genuina, era el logro más alto de los hombres racionales. En este elevado plano la biología también encontró su sitio propio.

TEMAS Y EDICIONES EN LA BIOLOGÍA DEL SIGLO XIX

El pensamiento biológico durante el siglo XIX no presentaba un cuerpo de doctrina conveniente y unitario. Aunque esta diversidad de pensamiento constituye la vitalidad y el interés reales de la biología, impide la generalización histórica simplista. Debe prestarse tanta atención al detalle y a la diversificación de la ciencia como la que se presta a la elaboración de temas esenciales, que daban forma a la biología durante ese periodo. Sin embargo, tiene que presentarse al principio una sugerencia de esos temas esenciales. La explicación histórica requiere hacer mayor hincapié, porque éste era el postulado fundamental de los teóricos de la evolución del siglo XIX. No obstante, su influencia se sintió y reconoció en numerosas áreas de la biología no confinadas estrictamente a problemas de la ascendencia histórica y la modificación de las plantas y los animales. Esa influencia dejó su marca en la teoría celular original, en la descripción y la interpretación de los cambios en el desarrollo de embriones, en doctrinas de la evolución, en teorías de la naturaleza y las relaciones de la sociedad humana. Nuestro punto de referencia ya no necesitó ser un conjunto de verdades intemporales, dadas supuestamente en la creación. A partir de entonces, se encontraría satisfacción intelectual mediante la apreciación cuidadosa de las condiciones antecedentes y las consecuencias. Las leyes de la naturaleza eran invariables, y todos los procesos naturales se capitalizaban en acontecimientos anteriores.

El futuro estaba construyéndose sobre las adquisiciones del pasado. La relación indisoluble de las últimas con el primero constituyó un proceso histórico y fue considerada, a pesar del temprano y notable criticismo de Hume y Kant, una verdadera conexión causal. El punto de vista estático, ya sea que exija la inmutabilidad absoluta de las cosas o la noción más común de una ronda infinita de cambio histórico cíclico (sin dirección), parecía simplemente ignorar el argumento y la evidencia producidos por la cosmología, la geología y la biología de que el cambio progresivo era la característica más saliente de los fenómenos naturales.

"Una perfecta y [...] satisfactoria anatomía", escribió Ignaz Döllinger (1824), crítico de la preformación y uno de los primeros defensores de la diferenciación progresiva del embrión, "tiene que dar el momento y la manera de originarse de todas las formaciones del cuerpo humano". El anatomista tiene que identificar los tejidos del cuerpo y notar cómo y cuándo se diferencian unos de otros. También tiene que estar atento al desarrollo de los órganos de estos tejidos. Tiene que entender la formación del cuerpo adulto a partir de esos componentes y seguir el rastro a ese cuerpo durante todo el transcurso de su vida. Ésta sería una "perfecta anatomía", porque relaciona la estructura con los importantes procesos del desarrollo. Histórica o, como se le llamó en ocasiones, la explicación genética fue una explicación satisfactoria. Treinta años después, el filósofo de la evolución *par excellence*, Herbert Spencer, se quejaba de que los hombres "contemplan habitualmente las cosas más bien en su aspecto estático que en su aspecto dinámico, nunca se dan [se darán] cuenta del hecho de que, por pequeños incrementos de modificación, puede generarse en el tiempo cualquier grado de modificación". Spencer hace aquí hincapié en aspectos de la explicación histórica que critican la doctrina de la evolución: falta de restricción por modificación potencial, la vastedad del tiempo y las posibilidades de gran cambio como resultado de la suma de ligeras variaciones individuales. Los principios decisivos de la explicación histórica fueron ejemplificados admirablemente por la aparición de la lingüística comparativa, un tema cuyas conclusiones y cuyo éxito durante el siglo XIX arrojan una valiosa luz sobre las preocupaciones del biólogo. Los estudiantes del lenguaje del siglo XVIII consideraban el pensamiento como un cálculo de ideas. Estudiando ideas se llegaba directamente a analizar las palabras que les daban expresión. Se buscó una gramática universal, eterna e invariable, y se fundó en la premisa de que la humanidad presentaba una unidad en sus procesos psicológicos. La

nueva gramática era intemporal; no se desarrollaba. Buscar y, peor aún, encontrar una gramática universal posiblemente significaba la negación de la diversidad lingüística esencial del presente y seguramente del pasado. No obstante, el estudio atento de la escritura del idioma sánscrito y su comparación con la de las lenguas europeas y del oeste de Asia, muertas y vivas, ya estaban sugiriendo a algunos lingüistas que los grados infalibles de relación podían atribuirse a una conexión familiar y no a una gramática universal. Ningún filólogo, anunció (1786) el gran orientalista William Jones, podría examinar el sánscrito, el griego y el latín "sin creer que habían surgido de una fuente común", tal vez ya perdida. Las peculiaridades lingüísticas secundarias, aunque notables, no podían oscurecer esa relación, ahora tan firmemente cimentada sobre la ascendencia común y el producto del desarrollo. A partir del trabajo de Jones y de la laboriosidad de los lingüistas alemanes posteriores surgió esa escuela histórica de filología cuyos logros pasmaron al siglo XIX, y para la cual la explicación genética era genuina. El tiempo era, efectivamente, la medida de todas las cosas. La manera de la naturaleza no era estática ni un eterno retorno a los sucesos del pasado. El lenguaje, la sociedad humana y los organismos vivos eran concebidos orgánicamente. Crecían. El curso de su vida era un registro continuo de novedades, divergencia de expectativas y extraños remanentes de circunstancias pasadas. La simple referencia a la cualidad intemporal de la unidad, bien ordenada por Dios, como mecanismo, parecía más y más una explicación inadecuada de esa entidad dinámica: la naturaleza. Más bien tiene uno que aprender cómo ocurre el cambio y creer que los fenómenos presentan una afirmación constante de la calidad esencial del cambio en nuestro mundo. Si las leyes de la naturaleza eran constantes, los productos de su función no necesitaban ser siempre así y los procesos que definían esas leyes eran de la esencia del cambio. Por esas leyes y esos cambios, los biólogos del siglo XIX se vieron enfrentados tanto a una explicación como a fenómenos dignos de la mayor atención. La explicación histórica hacía hincapié en el proceso, la perpetua modificación de las cosas. Este hincapié se expresa por sí mismo, claramente, en los esfuerzos de los evolucionistas del siglo XIX, para definir el mecanismo que controlaba la transformación de los organismos, ya fuera acción ambiental o selección natural. Pero esa insistencia en el proceso de cambio no requería sólo la ascendencia de la explicación histórica para hacerlo un objeto de interés e investigación biológica intensivos.

Para un numeroso y rápidamente extendido grupo de biólogos, la explicación histórica era de poco interés y probablemente no pertinente. Su tema era la fisiología. La necesidad expresada por Lawrence de "explorar el estado activo" del organismo circunscribe claramente su interés: deseaban sondear cada vez más profundamente en las operaciones funcionales de la criatura viva. Virtualmente, todo fenómeno que observaban era atrapado en el flujo incesante de la vida y la apreciación y el control de ese flujo eran el gran objetivo del fisiólogo. La investigación fisiológica avanzó con rapidez asombrosa en el transcurso del siglo. Hacia 1900 presentaba numerosas pruebas de logros concretos. Hacía mucho que se había resuelto el misterio del calor animal y se habían asentado los cimientos para analizar las relaciones de energía de la vida. Se había descubierto la naturaleza del impulso nervioso y, más significativamente, estaban madurando medios conceptuales y experimentales para comprender la integridad de comportamiento del organismo. Iba a descubrirse que los agentes químicos, expresados fisiológicamente como secreciones internas, cooperan con el sistema nervioso asegurando el funcionamiento armonioso del organismo. Se habían hecho progresos excepcionales con respecto a las estimaciones de la naturaleza y las proporciones de los nutrientes requeridos para la conservación de la vida. Esta lista puede extenderse fácilmente y emplearse para demostrar el progreso innegable, así como las vacilaciones, las direcciones equívocas y los errores de la fisiología. Hacerlo así crea un sentido razonable de los logros prácticos de una ciencia importante y hace hincapié forzosamente en la especialización que se apoderó de la biología y de sus principales subdisciplinas. Sin embargo, este registro de logros, por sí solo, confunde y pospone la tarea de aislar las preocupaciones comunes, si había tales, de los fisiólogos del siglo XIX.

Ese terreno se explora mejor en el dominio del método y los modos de explicación. El pensamiento biológico en el transcurso del siglo disfrutó de una aturdidora variedad de vitalismos y mecanismos. Detrás de esas doctrinas particulares había una meta común, la de anunciar en términos explícitos lo que tiene que ser el ser último o la esencia de la vida. Al definir las tareas de la nueva biología, Treviranus hizo notar que

> el objeto de nuestras investigaciones es la vida física. El primer paso hacia ese objetivo tiene que ser, por consiguiente, responder a la pregunta: ¿qué es la vida? Pero esta pregunta es la más difícil de contestar de todas.

Una respuesta (la del vitalismo panteísta) fue ofrecida por los filósofos naturalistas alemanes en los primeros decenios del siglo. Otra y ferozmente opuesta respuesta fue proclamada por los mecanicistas radicales o fisiólogos materialistas del decenio de 1850. Finalmente ambos grupos tomaron prestada su biología de su metafísica. Los fisiólogos ingleses en general se inclinaban por una forma o formas de vitalismo menos estridentes. Materialismo, mecanicismo y vitalismo son términos globales y sus significados están sujetos a una desalentadora variación; sin calificación plena y explícita, su empleo suele ser pernicioso.

Hacia la mitad del siglo y por consiguiente en forma contemporánea a las más acaloradas disputas entre los modos de explicación rivales, surgió una búsqueda autoconsciente para hacer de la biología una ciencia experimental. La aplicación de procedimientos experimentales en organismos vivos tiene una historia que se remonta a la Antigüedad. Las retribuciones de tales procedimientos eran obvias para todos los que habían estudiado, por ejemplo, los informes del fisiólogo suizo Albrecht von Haller o, más impresionante aún, las publicaciones de los notables fisiólogos experimentales de fines del siglo XVIII en Italia. Los de mente más tranquila entre los mecanicistas alemanes abogaban por la experimentación y la aplicaron en forma fructífera a materiales biológicos. Los fisiólogos franceses e ingleses no harían menos.

Empero, fue hacia mediados del siglo cuando esa práctica, entonces familiar, cayó bajo la inspección inquisitiva y extensa de los experimentalistas mismos. La famosa *Introduction á l'étude de la médecine expérimentale* de Claude Bernard (1865)[1] fue un notable informe sistemático. El experimentalista buscaba, por encima de todo, circunscribir rigurosamente los fenómenos pertinentes a sus intereses y luego especificar y explicar los términos (las condiciones variables) por los que podían producirse o modificarse los fenómenos. Los resultados de experimentos, ejecutados adecuadamente, podían entonces ordenarse y se podían aventurar proposiciones generales con respecto a las diversas funciones del cuerpo. A partir de 1880, aproximadamente, los intereses experimentales adquirieron progresivamente ascendencia sobre la biología en general. El trabajo de los experimentalistas, así como su campaña de publicidad, se propagó a través de Europa y de los Estados Unidos y dejó una marca experimental distintiva sobre la biología del siglo XX.

En términos sencillos la experimentación era simplemente cuestión de procedimientos manipuladores. No era más que un método, y fue llamado

para que se transformara en el método preponderante en la biología. La mayoría de los experimentalistas, a pesar de la gloria pública de sus procedimientos, no estaban libres de compromisos metafísicos. En los departamentos de fisiología de universidades e institutos alemanes, donde los medios y el impulso hacia el trabajo experimental eran excepcionalmente grandes, el mecanicismo y el materialismo eran bienes comunes. Solían asumir la forma del reduccionismo, por el que los procesos vitales se "reducirían" a la física y a la química y el contenido conceptual se adscribiría a, o quedaría implicado en esas ciencias, supuestamente, más fundamentales. Bernard era menos temerario filosóficamente y prefería enfocar toda su atención en las relaciones entre los fenómenos biológicos y no en su esencia. Para su desgracia, se encontró con el cargo de dirigente de un nuevo vitalismo.

Para los fisiólogos más astutos o moderados de fines del siglo, la pregunta de Treviranus (¿qué es la vida?) no había perdido su fascinación. Sin embargo había dejado de ser el punto inicial práctico de la investigación fisiológica. Aunque esa gran pregunta podría, muy bien, seguir siendo el objetivo último de la comprensión fisiológica, había sido desplazada de los asuntos diarios de los fisiólogos por intereses más inmediatos. Tenían que describirse los procesos vitales y analizarse las funciones, tanto en sus manifestaciones independientes como en las coordinadas. La cuestión más urgente había llegado a ser la de cómo arreglárselas mejor con esa tarea. De la anatomía tradicional, la fisiología había tomado prestada, y al mismo tiempo explotado, la práctica venerable de la comparación. La naturaleza había variado pródigamente sus producciones y la observación estrecha, seguida de comparación cuidadosa, de los diferentes medios por los cuales se realizaban ciertas funciones (por ejemplo, la respiración mediante pulmones, branquias, tráqueas de insectos o difusión superficial) podría proporcionar información fisiológica de gran valor. La fisiología comparada era considerada, por algunos experimentalistas, como demasiado pasiva y propensa a perder el razonamiento analógico. La experimentación ofrecía certezas; su envergadura podría, en ocasiones, ser reducida, pero sus resultados eran fidedignos; su empleo introdujo en la biología la seguridad que la física y la química modernas parecían disfrutar, al confrontar las infinitas complejidades de la naturaleza.

Podemos concluir, por supuesto, con la debida precaución, que los intereses biológicos generales se desviaron significativamente durante el

siglo XIX. El primer lugar perteneció siempre al organismo y sus actividades. Sin embargo la primacía en el pensamiento se alejó, de esforzarse en definir la esencia de la vida, a atender asiduamente los fenómenos de ésta. Esto se observa mejor en el interés vital de ese periodo por las cuestiones de método e interpretación. La biología se estaba volviendo positivista. Quienes deploraban la aparente aridez intelectual de este enfoque vieron disminuir su número y, a menudo, ser destituidos por sentimentales demasiado atados por compromisos espirituales o metafísicos pasados de moda. Las ciencias de la vida estaban cambiando seguramente su constitución.

Forma, función y transformación

Ninguna obra que abarque poco, puede desplegar bastante y ni siquiera cubrir superficialmente los muchos temas perseguidos por la biología del siglo XIX. En este libro se ha seguido un plan severamente selectivo. Ojalá que lo incluido resulte obvio, pero debe prestarse especial atención a las omisiones principales; la más seria es, con mucho, la del campo extenso e importante del trabajo experimental que se ocupa de la electrofisiología, la naturaleza y la transmisión del impulso nervioso y la acción integradora del sistema nervioso. La microbiología, las actividades del sistema endocrino y las secreciones corporales, las bases neurológicas de la mente y la evolución de la psicología también están ausentes y, sin duda, se verá que faltan otras materias. Algunas de esas omisiones pueden resultar sin importancia, pero todas fueron necesarias. Se ha tratado de exponer lo más completamente posible los temas incluidos y para asegurar esto, dentro de los límites impuestos, las distorsiones introducidas por lo menos se reconocerán, si no se corrigen verdaderamente. Las fechas limitantes de 1800 y 1900 ya no tienen importancia intrínseca en la historia de la biología, más que la que brindan a los historiadores en general. Se hace mucho hincapié en el pensamiento y la práctica biológica durante el siglo XIX. No obstante, siempre que fue necesario (y esa necesidad es común), se traspasaron libremente tales límites para servir a la integridad del tema y de la exposición.

Para un grupo de biólogos (ampliamente compuesto por anatomistas, histólogos y embriólogos), el aspecto y las estructuras constituyentes del cuerpo de la planta o el animal parecían de capital importancia; estudiaban la forma orgánica y los medios por los que llegaba a ser. Un segundo grupo se

concentraba en los procesos vitales (respiración, nutrición, excreción y similares) que manifiestan, en diversas formas, todas las criaturas vivas. Estudiaban la función; su tarea autoasignada como fisiólogos era la de comprender las funciones más internas del cuerpo. Los estudios de la forma y la función no siempre estuvieron separados claramente e iban a obtenerse logros enormes al ocuparse de los problemas con las fuerzas combinadas de la anatomía y la fisiología. Para un tercer grupo el problema de mayor interés era la relación, tanto en el mundo del presente como en el del pasado, entre las diversas especies de plantas y animales y entre los seres vivos y su ambiente inestable. Esos hombres, llamados después evolucionistas, estudiaban las transformaciones de la vida durante vastos periodos, y al hacerlo así remodelaron grandemente los objetivos científicos de la historia natural. Por consiguiente, la forma, la función y la transformación ofrecen puntos ventajosos familiares y susceptibles de expansión desde los cuales observar la evolución de las ciencias de la vida durante el siglo XIX. Bajo esas rúbricas aparece la consideración de las unidades estructurales de la vida (órganos, tejidos, células) y el modelo de su distribución dentro del organismo; los procesos de desarrollo por los cuales se forman esas unidades y los organismos que las constituyen; la identificación y el establecimiento de una explicación satisfactoria de los cambios en la forma y el comportamiento de los organismos a través de largos periodos; la delineación de ciertas ciencias que se ocupan del ser humano como animal y como criatura social, que posee un pasado interesante y recuperable; y las investigaciones especiales y los préstamos tomados de otras ciencias, que brindaron la certeza de que la energía se conserva también en los seres vivos, una demostración que capacitó a los fisiólogos para que designaran confiadamente a la energía como el fundamento último de la mayor parte y probablemente de todas las actividades vitales.

En algún momento, durante el segundo tercio del siglo XVIII, quienes se interesaban en los fenómenos de la vida empezaron a aislar y examinar problemas especiales para tomarlos en consideración y, conscientemente o no, proyectar o articular técnicas y puntos de vista especiales para llevar a cabo su examen. Este proceso avanzó velozmente sin disminuir durante todo el siglo XIX. Su efecto último fue el de crear una organización de hombres que eran biólogos identificables y cuyo tema, que abarcaba una multitud de especialidades, era la biología. La creación de la biología como disciplina reconocida siguió, con sólo una breve demora, al establecimiento del tema

legitimado del que se ocupaba la ciencia.

II. FORMA: TEORÍA CELULAR

La teoría celular ofrece una entre varias respuestas posibles a la pregunta familiar para los biólogos: ¿qué es un organismo? Es una respuesta sustantiva, porque pretende describir con detalles concretos la constitución física, la "sustancia" estructural que compone a la criatura viva. Aunque la constitución física del organismo se debe a la célula y a las estructuras orgánicas mayores compuestas por células (por ejemplo: un órgano como el corazón o el bazo) o producidas por células (por ejemplo: hueso o cartílago), la célula misma es una estructura singularmente compleja. Definida en forma mínima, la célula de cualquier animal o planta posee una membrana circundante excesivamente delgada, un núcleo que contiene cromosomas y el citoplasma (un medio traslúcido y acuoso que llena el cuerpo de la célula y contiene sus propios organelos especializados). Ahora se reconoce que las funciones esenciales y por lo tanto la vida misma del organismo dependen de la organización estructural de la célula. Esta interpretación fisiológica fue común en el siglo XIX, aunque en aquel tiempo se mencionaba más como sospecha de lo que debía ser, que como conclusión derivada de pruebas fidedignas.

Por encima del nivel unicelular, la criatura viva puede concebirse como una acumulación de diminutos elementos anatómicos independientes o interdependientes: las células. La "teoría celular", una expresión de la que se dio una definición clara sólo hacia 1840, llegó tarde a la biología. Se enfrentó a concepciones anteriores y coherentes de la constitución orgánica, y en su mayor parte las remplazó fácilmente o, mejor dicho, las restableció en armonía con el nuevo punto de vista de la estructura orgánica. La consecuencia es, en mucho, de niveles de resolución anatómica adecuada y obtenible. Los anatomistas del siglo XVIII habían hecho hincapié en la estructura y la función de los órganos y de los sistemas de órganos. Hacia 1800 este punto de vista fue puesto en entredicho, principalmente por los anatomistas del ser humano que introdujeron la doctrina histológica. Rápidamente ganó aceptación. Pero el concepto, tanto de órganos como de tejidos, iba a su vez a ser transformado radicalmente por la enunciación y el

establecimiento de la teoría celular. Después de mediados del siglo, la célula se había convertido, para la gran mayoría de los biólogos, en el punto de referencia estructural esencial para la interpretación de la forma orgánica.

Sin embargo, la orientación de la teoría celular va mucho más allá de la simple descripción estructural; sus ramificaciones son muchas. A ellas tenemos que asignarles ampliamente la posición central de la doctrina biológica, que ha llegado a asumir la noción de la célula y sus actividades. Porque la célula, aunque siempre un elemento arquitectónico de importancia primordial, es también la unidad crítica de función orgánica por encima del nivel molecular. La célula es, por consiguiente, el sitio del metabolismo y el intercambio de energía; es la base de la actividad nerviosa y secretoria y, por lo tanto, el fundamento del funcionamiento armonioso, integrador y orgánico; la célula, como se manifiesta en los productos de la reproducción, asegura la continuidad de la vida a través de las generaciones. La sugerencia o, en los dos últimos casos, el descubrimiento y la demostración de estas capacidades fisiológicas múltiples de la célula no es otra, virtualmente, que la historia del triunfo y la vacilación del siglo XIX ante el tema más general de las funciones de las criaturas vivas.

Anatomía y órganos

El anatomista podía y, por supuesto, a menudo realizaba su arte prestando escasa o ninguna atención a los principios teóricos para guiarse. La anatomía puramente descriptiva tuvo muchos practicantes capaces. Hacia el siglo XVIII la anatomía humana había tenido logros notables. Los anatomistas del ser humano reconocían fácilmente los ideales de exactitud e integridad y hacían particular hincapié en los estudios topográficos, es decir, en la investigación y la descripción de las relaciones de los órganos con otros órganos circundantes. A fines del siglo XVII revivió también el interés en la anatomía animal y comparada. Su progreso fue lento, pero su ejercicio no se ha retardado seriamente desde entonces.

Sin embargo, la anatomía descriptiva no logró capturar la mente de todos y tal vez ni siquiera de la mayoría de los anatomistas. Era estática y registraba simplemente el aspecto, la textura y la disposición de las partes; en forma extrema, no revelaba nada del uso o la(s) función(es) de esas partes. Para los anatomistas prominentes, desde el médico suizo Albrecht von Haller (1708-1777) hasta el anatomista comparativo escocés John Hunter

(1728-1793) y su sucesor francés Georges Cuvier (1769-1832), la anatomía era una ciencia valiosa sólo en tanto que reconocía la necesidad de investigar simultáneamente tanto la estructura como la función. Sin conocimiento de la función o del propósito para los que un órgano dado estaba designado, no podía haber comprensión satisfactoria de la estructura misma.

Haller, Hunter, Cuvier y los muchos otros que apoyaban su declaración estaban siguiendo (con material empírico ampliamente aumentado, pero casi sin cambios en el argumento) los principios anatómicos formulados dos milenios antes por Aristóteles. "Tenemos que" —había afirmado Aristóteles — describir primero las funciones comunes; es decir, comunes a todo el reino animal o a ciertos grupos grandes o a miembros de una especie." Para los aristotélicos (el grupo dirigente y en desarrollo de los biólogos teóricos durante todo el siglo XVIII), la anatomía, aparte de su interés intrínseco, era el sirviente principal de la fisiología. Las dos ciencias se hicieron virtualmente sinónimas, unidas por un objetivo común: el análisis del organismo vivo, designado para explicar la plenitud y la interacción armoniosa de las partes exactamente dispuestas de ese organismo.

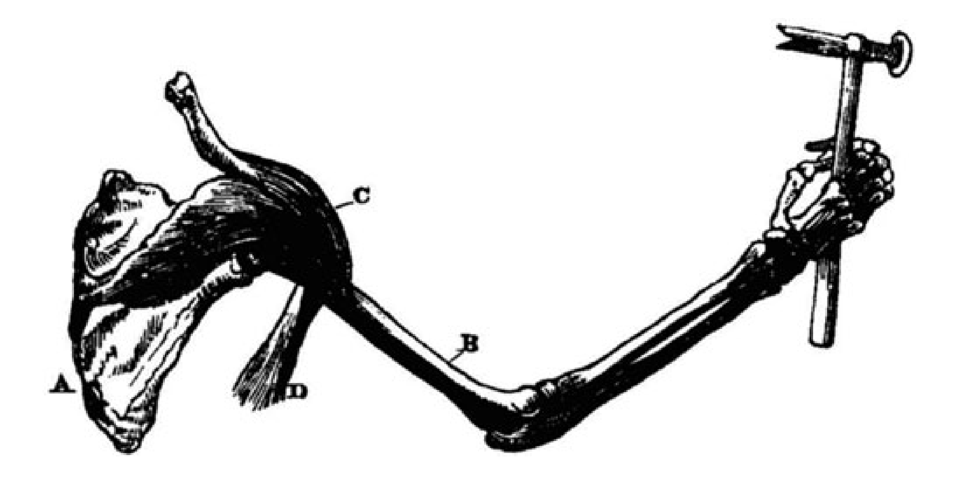
Tal era la base de la afamada *anatomia animata* de Haller y de la anatomía funcional de Cuvier; este último fundó una doctrina que iba a guiar las investigaciones de muchos estudiosos de la estructura orgánica del siglo XIX. Como parte central de esa doctrina, estaba la noción de que se examinen las partes del cuerpo como anatomista, pero se comprendan como fisiólogo. El conocimiento de la estructura (obtenido por observación superficial, disección y aun vivisección) adquiría significado sólo si se especificaba el "propósito" de las partes. El carnívoro, argüía Cuvier, estaba perfectamente construido para su lugar en la economía de la naturaleza. Sentidos agudizados, gran velocidad y temibles garras y dientes se ajustaban adecuadamente para perseguir, capturar y consumir la presa animal. El carnívoro estaba creado para cumplir con tal función y así se determinaban su construcción y su comportamiento.

El último punto de referencia, con respecto a la existencia de un "propósito" en la naturaleza, podría ser la metafísica aristotélica y la idea del organismo, o el lazo común de casi todos los anatomistas del siglo XVIII: la concepción cristiana de un dios creador benéfico y omnisciente, cuyo poder y cuya sabiduría se revelaban fácilmente en sus obras.

Pero en ambos casos o, como fue probablemente cierto, con el apoyo dado por los segundos a los primeros, los anatomistas consideraban la forma y la

función (la parte del cuerpo u órgano y sus actividades necesarias) como unidos indisolublemente por la idea de que todos los seres existentes eran el producto de un interés inteligente y providencial. Los medios, o sea los órganos, y por consiguiente el objeto de la anatomía, se ajustaban a los fines, cuya determinación era la diaria tarea y el gran objetivo de la fisiología, considerando este término en forma amplia para incluir una investigación de la función orgánica.

Relacionado con este concepto teleológico del organismo estaba el hincapié de los anatomistas en los órganos y los sistemas de órganos. Esas partes eran accesibles a los sentidos sin instrumentos; el microscopio todavía no era un auxiliar común ni fidedigno en el estudio anatómico. La disposición y las actividades integradas de los órganos, hechas evidentes por la investigación topográfica, agotaban, o por lo menos satisfacían, la búsqueda hecha por el fisiólogo de la base física de la función corporal. Sin embargo, los anatomistas del siglo XVIII designaron, aunque sin mucha insistencia, constituyentes más generales del organismo. La división acostumbrada, enunciada por Haller y simplemente repetida por Cuvier, era tripartita: tejido nervioso, tejido muscular y tejido "celular". Las primeras dos categorías se definían muy claramente por la determinación experimental de Haller de sus propiedades activas, su sensibilidad y su irritabilidad. La tercera categoría, similar sólo en nombre a los tejidos celulares descritos por la teoría celular, constituía en gran parte los tejidos conectivos del cuerpo. Éstos se describían como una compleja red de fibras y capas fibrosas, y las pequeñas e irregulares aberturas, entre esos componentes, daban un aspecto parecido al de cámaras o células.



A) escápula u homóplato; *B)* húmero o hueso del brazo; *C)* músculo deltoides del hombro, que surge del homóplato y la clavícula y se inserta en el hueso del brazo; *D)* músculo que dirige el brazo hacia abajo, como al golpear con una espada o un martillo.

FIGURA II.1. La anatomía funcional *(anatomia animata)* requería que la estructura corporal y la acción orgánica recibieran igual consideración. El brazo balanceando un martillo muestra un admirable ajuste de sus huesos y su musculatura para la acción que intenta. Como consecuencia de esta disposición exquisita, la organización del brazo y la mano se consideraron durante mucho tiempo como poderoso testimonio de un designio inteligente y creativo manifiesto en toda la naturaleza viva. (Charles Bell, 1833.)

Este punto de vista de la anatomía se enfocaba, en particular, en la actividad o las actividades, de los componentes básicos de la organización vital, en los que se estaba de acuerdo: los órganos y los conjuntos de órganos. Hablando generalmente, sólo se demostraba interés en el funcionamiento normal. Aunque lo anormal o lo patológico eran perfectamente evidentes y de profundo significado médico, su estudio serio y sistemático no apareció sino hacia 1760, para alcanzar una prosperidad mayor después de 1800. Al introducir el concepto de tejidos, los anatomistas patológicos iban a revolucionar los intereses de la anatomía tradicional topográfica y orgánica, exactamente como, una generación más tarde, la teoría celular iba a transformar la anatomía patológica y todas las ideas de la función orgánica.

Doctrina histológica

Hacia 1800 los médicos de los hospitales de París efectuaron una revolución en la medicina. Su contribución esencial fue la de combinar el examen físico *post mortem* con una descripción clínica del padecimiento del paciente. Con ello se les dio una referencia anatómica concreta a estos últimos síntomas que son, casi exclusivamente, el límite del interés clínico en el siglo XVIII. La localización física de los fenómenos patológicos se transformó, así, en el logro y el ideal de la escuela de París. Philippe Pinel, padre espiritual del grupo, alentó en la *Nosographie philosophique* [1] de 1798 a que la medicina adoptara, como lo habían hecho las demás ciencias, el método de "análisis" filosófico, por el que podrían investigarse fenómenos generales o complejos; se les impondrían límites precisos y bien ordenados y se establecerían con ellos categorías por regiones. Esto sugería que los órganos que presentaban, en la salud o en la enfermedad, fenómenos análogos, tenían también que ser semejantes en estructuras y propiedades básicas. Tal acuerdo faltaba

claramente a nivel orgánico; tal vez podría encontrarse a un nivel más profundo. Xavier Bichat (1771-1802) prosiguió con esta idea y, después de extraordinaria diligencia en la sala de disecciones, hizo surgir de ella la doctrina tisular (*Traité des membranes*, 1800; *Anatomie générale*, 1801).[2] Cuando estudiamos una "función", escribió Bichat, es mejor "examinar en forma general el órgano complejo que la ejecuta". Sin embargo, si deseamos conocer las "propiedades y la vida" de ese órgano, tenemos que "descomponerlo", es decir, sólo si "lo analizamos con rigor" podemos conocer "su estructura íntima". El estudio de los órganos, en consecuencia, no fue sino una primera aproximación, muy imperfecta, a la verdad esencial que se buscaba: los elementos estructurales y activos irreductibles de la organización vital. Estos últimos, declaraba Bichat, eran los tejidos.

Bichat identificó y nombró 21 tejidos (mucoso, fibroso, cartilaginoso, y así sucesivamente). Además de registrar el aspecto externo, siguió los modelos de distribución histológica y empleó técnicas de maceración y de capacidad de reacción química al hacer sus identificaciones. Éstos y otros medios de análisis dieron, en las diestras manos de Bichat, suficiente resolución anatómica y compensaron ampliamente su notorio descuido del microscopio. El objetivo de Bichat al investigar y determinar los diversos tejidos del cuerpo no era, por supuesto, la simple disección anatómica. Reconocía las múltiples complejidades de las funciones orgánicas, y suponía que tales actividades debían tener bases concretas, que estarían establecidas en los tejidos. La doctrina histológica era, como la anatomía funcional de los órganos de Haller-Cuvier, tanto fisiológica como anatómica. Los tejidos poseían "propiedades vitales" distintivas (sensibilidad y contractilidad, con otras categorías de cada una) y a esas propiedades Bichat les asignó tanto la "vida" misma como las diversas acciones orgánicas, siendo estas últimas una función de los tejidos particulares que componían los diversos órganos. Bichat creía que el descubrimiento de las propiedades vitales impedía equiparar la vida con cualesquiera otros fenómenos naturales, particularmente con aquellos que eran objeto de la investigación física y química. Estas ciencias podrían contribuir, por supuesto, al progreso de la comprensión fisiológica, pero eran impotentes ante la gran pregunta misma de la vida, la naturaleza esencial de la vitalidad. Numerosas doctrinas vitalistas iban a erigirse y a defenderse más tarde sobre tales bases.

La doctrina histológica fue anunciada por un médico y llegó a ejercer enorme influencia en la anatomía médica. El material de Bichat era el cuerpo

humano y los estudiosos de los tejidos concentraban su atención en él. Una consecuencia particular de esta insistencia y su estrecha relación con la práctica y la instrucción médicas fue que la idea de los tejidos como el último límite de la resolución anatómica persistiría, especialmente en Francia, mucho después de la rigurosa aplicación de la teoría celular no sólo a plantas y animales sino también en el marco humano. La teoría celular brindó después, de hecho, algunas de sus mayores gratificaciones en el estudio de la patología humana. Pero la teoría celular tuvo que seguir su camino contra la doctrina histológica prevaleciente. Al hacerlo poseía un arma de fuerza formidable y nueva versatilidad: el microscopio mejorado.

PROBLEMAS DE LA MICROSCOPÍA

El anatomista patólogo, al buscar la interrupción localizada del tejido producida por la enfermedad, continuó la tradición del cirujano. Sus herramientas eran el ojo y la cuchilla. Sin embargo, hacia 1850, la teoría celular y el microscopio ingresaron en la patología. Los patólogos, junto con todos los estudiosos de la estructura celular, entraron felizmente en posesión de un instrumento tan inmensamente mejorado que la investigación microscópica seria y sistemática era en verdad factible.

Desde el momento de su invención a principios del siglo XVII, la forma más útil del instrumento había sido siempre el microscopio simple (una lente única, burdamente esférica, en una montadura sin complicaciones). La imagen formada por microscopios compuestos (construidos uniendo en línea varias lentes separadas de forma diferente) presentaba aberración esférica y cromática y otras fallas. La ventaja del microscopio compuesto es que introduce un campo más brillante y acumula el mayor cono factible de luz reflejada o transmitida por la muestra, permitiendo así una mayor discriminación entre objetos diminutos. No obstante, sin corrección óptica, esas ventajas se perdían en el campo borroso resultante, confuso además por halos de color. No fue sino hasta 1830 cuando la teoría y la práctica ópticas pudieron sugerir un remedio. Entonces, combinando lentes con características de refracción diferentes, la aberración cromática fue virtualmente eliminada y se impuso cierto control sobre la aberración esférica. Los primeros teóricos celulares usaron microscopios simples; empero, hacia 1840, estuvo disponible el instrumento compuesto mejorado y pronto se volvió la herramienta indispensable de todos los microscopistas.

Con él se llegó a confirmar el postulado de la base celular de todas las plantas y animales, se afirmó la patología celular y se rectificaron aspectos de la generación celular.

En el transcurso del siglo XIX siguieron haciéndose mejoras al microscopio. Hacia 1880, principalmente mediante las investigaciones ópticas de Ernst Abbe y la manufactura de calidad de Carl Zeiss, se ampliaron los límites del instrumento. Se pudo obtener gran aumento (unos 2 000 diámetros) y alta resolución de distintos objetos (0.002 mm aproximadamente), sin la cual el aumento resulta en mucho sin importancia en el microscopio de inmersión en aceite. Las aberraciones y la distorsión se redujeron al mínimo, se idearon numerosas técnicas microscópicas (fijación, corte y tinción) y la instrucción y la práctica cuidadosa en la microscopía se convirtieron en el signo de la biología moderna. El poder del nuevo instrumento pagó dividendos inmediatos. Sus capacidades, combinadas con la preparación adecuada de materiales, permitieron, en la década de 1880, el desarrollo espectacular de la bacteriología y el estudio de la estructura subcelular; el primero introdujo una revolución en la medicina y el segundo estableció bases firmes para las ulteriores explicaciones de la herencia.

La teoría celular

Las proposiciones centrales de la teoría celular fueron definidas claramente (1838-1839) por sus creadores articulados: Matthias Jacob Schleiden (1804-1881) y Theodor Schwann (1810-1882). La célula, como quiera que se le describiera, era la unidad fundamental de la estructura orgánica y probablemente de la función. En consecuencia, servía como el enlace conceptual que unía el estudio de las plantas con el de los animales, haciendo así de la biología una verdadera ciencia. Pero aun la más superficial observación microscópica revelaba que no todas las células eran iguales; en efecto, variaban extraordinariamente en forma y distribución. ¿De dónde, pues, llegó la convicción de que la célula era el elemento común de la vida? Schleiden y Schwann fundaron su creencia en la idea del desarrollo celular común, haciendo de esta idea la base de la teoría celular integral. Todas las células eran producidas por un proceso idéntico. La discusión histórica que penetró el pensamiento biológico del siglo XIX operó en este caso con toda su fuerza. “La única posibilidad de lograr percepción interior científica en la botánica —proclamó Schleiden (1842)—, y con ella el único e indispensable

recurso metodológico dado por la naturaleza del objeto mismo, es el estudio de la historia del desarrollo orgánico.” Pronto iba a demostrarse que era erróneo el concepto de la generación celular de Schleiden y Schwann y su noción de la formación celular por precipitación química iba a ser remplazada por la idea de la continuidad reproductiva de la célula viva. Sin embargo, común a ambos puntos de vista, y merecedor de que se haga hincapié en él repetidamente, es el hecho de que el proceso de reproducción celular era un punto crítico desde el que podía lanzarse un significativo asalto al problema de la microestructura general del organismo. Por supuesto, la teoría celular no era simple creación de dos microscopistas con inventiva. Era el producto de muchos cursos de investigación prolongados y diversos respecto a la estructura orgánica y la naturaleza del organismo. Por una parte, existía una tradición de investigación microscópica unida, a menudo, a una generalización indebida basada en observaciones con frecuencia erróneas; por otra parte, estaban las conclusiones altamente especulativas pero no menos sugerentes de los *Naturphilosophen* (filósofos naturalistas) alemanes. Hacia 1830 esas dos tendencias se habían mezclado y Schleiden y Schwann, para nombrar sólo a los más prominentes abogados de la teoría celular, estuvieron sujetos a la influencia de ambas. Evidencia empírica y doctrina eminente eran socias en la teoría celular. Debe recordarse además que, mientras las primeras observaciones de las células se hicieron con el microscopio simple, después de 1840 estaban disponibles las capacidades mejoradas del instrumento compuesto y se explotaban libremente.

Las estructuras “celulares” se describieron primero en el siglo XVII. El examen microscópico de las plantas reveló discretas vesículas y también estructuras sólidas (paredes celulares) que, en ciertos tejidos vegetales, rodeaban a las vesículas. Hablando sin precisión, “célula” significa sólo un “espacio” delimitado. Las estructuras llamadas células existían, ciertamente, pero eran consideradas sólo como un constituyente más de la planta. Se discutía el modo en que se formaban, pero no se había propuesto ninguna explicación generalmente aceptable. En el transcurso del siglo XVIII, esas observaciones botánicas eran bien conocidas y a menudo propagadas, pero eran objeto de poca reflexión seria. No obstante, la microscopía animal encaraba obstáculos mayores. La resolución del animal en tejido nervioso, muscular y “celular” (conectivo) satisfacía a casi todos los observadores. Los tejidos animales eran, además, blandos, generalmente de bajo contraste y estaban sujetos a la putrefacción rápida, todo lo cual planteaba problemas

difíciles para el microscopista que aún empleaba instrumentos y técnicas notablemente imperfectos.

El interés en la anatomía vegetal microscópica volvió a despertarse después de 1800. Entre 1800 y 1830 los observadores y las observaciones se multiplicaron y se logró un fundamento empírico extenso que fue examinado respecto a sus implicaciones. El eminente botanista francés Charles Brisseau-Mirbel (1776-1854), por ejemplo, era al mismo tiempo un hábil microscopista y un agudo intérprete de sus observaciones. Declaró que las células vegetales iban a encontrarse en cualquier parte del organismo y especuló acerca de la manera en que se producían. Reviviendo una antigua idea, Mirbel sugirió que las células eran formadas *de novo* en un líquido primitivo. Las células y el tejido celular resultante podían compararse con las cavidades formadas en la espuma de un líquido en fermentación y la coagulación de ese líquido formaba la red continua de membranas tan conspicuas en el tejido celular.

Los estudios y las especulaciones microscópicos de Mirbel, incluyendo la del líquido formativo, no son únicos. Son sintomáticos del estudio de la estructura microorgánica durante las décadas de 1820 y 1830. El botanista y el zoólogo, lamentablemente para muchos, no compartían sus conocimientos ni sus intereses. Aunque las plantas parecían estar compuestas por células, nadie estaba seguro de lo que podría ser una célula. Se describieron sus diferentes formas y se registraron sus diversas inclusiones; más notablemente el núcleo celular, observado por primera vez en 1831. Los tejidos animales se sujetaron sólo lentamente al escrutinio microscópico confiable. Sin embargo, el notable fermento de la época sirvió ampliamente para aumentar el conjunto de información descriptiva fidedigna y para atraer la atención hacia los problemas principales de los hombres dedicados a la microestructura orgánica, de habilidades notables.

La teoría celular de Schleiden y Schwann se anunció a fines de la década de 1830, en un momento en que el liderazgo en microscopía estaba pasando de Francia a Alemania. Los jóvenes científicos alemanes de esa época habían estado expuestos desde hacía mucho a la doctrina de la filosofía natural y se había exagerado grandemente, considerándola digna de tomarse en cuenta, la declaración de que la teoría celular era resultado, hasta un grado significativo, de tales especulaciones aparentemente infructuosas. Lorenz Oken (1779-1851), ferviente campeón de la filosofía natural y uno de los anatomistas más prolíficos e imaginativos de Alemania, ilustró en forma por

demás vívida esa declaración. Oken edificó sobre la obsesión de los filósofos naturalistas por el problema fundamental de deducir las diversas producciones del mundo de la unidad inviolable de la materia y de los principios primeros (véase el capítulo III). En un líquido mucoide originario e indiferenciado (cuya existencia postulaba Oken en aras del argumento) surgieron vesículas esféricas primitivas. Individualmente, cada vesícula era un "infusorio", o sea, el más sencillo de los seres vivos; por grados crecientes de agregación, los infusorios se unieron para formar organismos cada vez más complejos. Los infusorios se transformaron, pues, en la unidad básica de la estructura, la función y, por supuesto, del desarrollo orgánico. "Toda carne", escribió Oken (*Die Zeugung*, 1805),[3]

> puede resolverse en infusorios. Podemos invertir esta declaración y decir que todos los animales superiores tienen que estar formados por animálculos constitutivos. A éstos los llamamos Animales Primitivos y observamos que constituyen no sólo la materia fundamental de los animales sino también de las plantas […] En un sentido más amplio puede llamárseles la sustancia primitiva de todo aquello que está organizado.

Las especulaciones de Oken, causa de muchos comentarios y mejoramientos contemporáneos, indican claramente un elemento generativo común a plantas y animales, es decir, una unidad estructural y funcional general para todos los seres vivos. Pero el caso de Oken se alegaba a partir de la metafísica y la suposición gratuita; menospreció la útil referencia al examen microanatómico concreto del organismo. Para quienes fundarían la teoría celular completamente en la investigación microscópica empírica y diligente, las suposiciones de Oken y sus muchos simpatizantes resultarían siempre extravagantes y profundamente dañinas para la práctica científica sana. No obstante, para otros, las elaboraciones de Oken desempeñaron una función en la creación de la teoría celular. Su contribución no fue en el terreno de la evidencia sugerente o confirmadora, sino que se hizo introduciendo y exponiendo sistemáticamente la doctrina de la composición del cuerpo vivo con base en elementos vitales diminutos y repetidos, independientemente de cuán mal definidos o erróneamente concebidos pudieran estar. Richard Owen, el distinguido anatomista inglés y reconocido partidario de Oken, declaró tardíamente en 1884: "esta doctrina es sorprendentemente análoga a los resultados generalizados de las observaciones microscópicas más capaces" en tejidos vegetales y animales. Incluso templando el generoso entusiasmo de Owen, al menos puede decirse que de la filosofía natural llegó gran parte del interés de los microscopistas

alemanes en el ideal central que propugnaban: el organismo tiene que resolverse en unidades activas y de composición más pequeñas, pero de ninguna manera menos importantes.

Fue logro de Schleiden y Schwann haber valorado esas tendencias de observación y pensamiento, y haberlas probado mediante la investigación microscópica renovada y escrupulosa. Su éxito fue menos el de brindar nuevas ideas que el de idear y publicar una teoría completa y coherente de las células. Ambos fueron microscopistas maestros; Schleiden (*Beiträge zur Phytogenesis*, 1838)[4] concentrándose en el tejido vegetal embrionario y Schwann (*Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Structur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen*, 1839)[5] examinando tejidos animales (cuerda dorsal y cartílago). Las investigaciones de Schleiden lo habían convencido de que las células formaban la base estructural de la planta y de que eran el producto de un modo común de producción. Estos puntos de vista fueron comunicados verbalmente a Schwann, quien más tarde recordó haber "quedado pasmado por la semejanza de este cuerpo importante, es decir, el núcleo celular de la planta, con un cuerpo que él [Schwann] ya había observado a menudo en tejidos animales". Schwann sospechó así el establecimiento de una nueva visión de la estructura orgánica, si sólo pudiera probarse "que las partes elementales de los animales se desarrollan esencialmente en la misma forma que las células vegetales". En resumen, si se iba a demostrar que las "causas" de la generación tanto vegetal como animal eran idénticas, entonces los productos (células) de ese proceso formativo tenían que ser también cuerpos equivalentes.

La ironía de la declaración de Schwann fue pronto evidente. Durante las décadas de 1840 y 1850 los investigadores desacreditaron por completo su concepto de la formación celular. Sin embargo, al hacerlo así sólo pusieron cimientos más firmes a la teoría celular mediante la idea de la continuidad de las células por división de ellas mismas. Las células, según Schwann, que estaba siguiendo la sugerencia de Schleiden, surgen en un *cytoblastema* informe y en él tienen su origen. "Hay", afirmaba,

> en primer lugar, una sustancia *sin estructura* [cytoblastema] que a veces es muy líquida, y en otras ocasiones es más o menos gelatinosa. Esta sustancia posee dentro de sí misma, en mayor o menor medida, según sus cualidades químicas y el grado de su vitalidad, una capacidad para dar lugar a la producción de células.

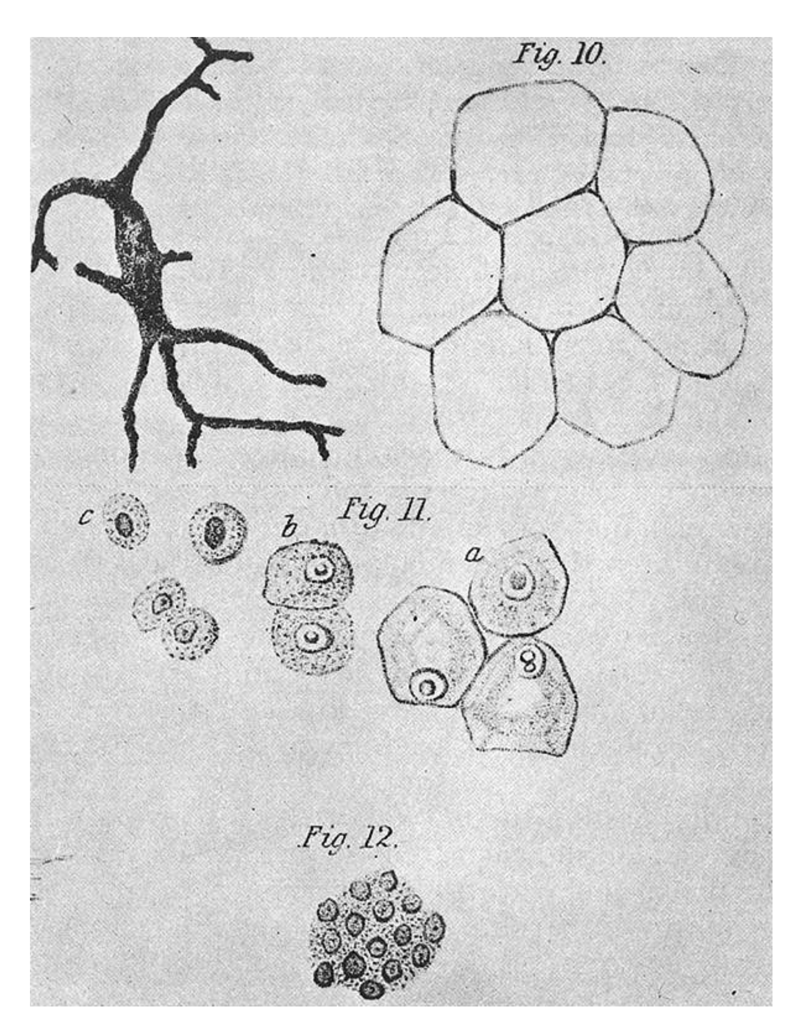


FIGURA II.2. Según la hipótesis de Schleiden y Schwann de la formación celular, la sustancia de la célula se obtiene de un líquido nutritivo y se deposita en partículas o "núcleos" que surgen en ese líquido. Schwann creía que ese proceso ocurría fuera de las células existentes. A partir de una acumulación de núcleos, puede verse aquí la formación de células claramente nucleadas y el desarrollo de células maduras de gran cámara. Estas observaciones se hicieron en las plumas del ala del cuervo. (Theodore Schwann, 1847.)

Primero aparecía un gránulo oscuro (el "nucleoso", del cual surgía el "núcleo"); y luego se depositaban sobre él capas sucesivas de sustancia celular. No surgían nuevas células de células completas anteriores. Schwann creía que este proceso ocurría principalmente fuera de las células preexistentes; Schleiden postulaba la formación intracelular de nuevas células. No obstante, ambos trataron de hacer la formación celular

estrictamente análoga a la cristalización inorgánica. Al hacerlo así creían que podrían basar la ciencia de la forma orgánica en fundamentos puramente físicos, y por lo tanto librarse de los excesos metafísicos y las tendencias vitalistas, tan despreciados, que observaban en la consideración de los fenómenos orgánicos realizada por los filósofos naturalistas. Con toda indulgencia por los defectos de su propuesta y reconociendo con simpatía su objetivo, sigue siendo cuestión discutible la de si sus proposiciones eran tan radicales como se proclamaba. Esto es particularmente cierto en relación con la cualidad generativa inherente y mal explicada del citoblastema, un concepto que en su origen es sugerentemente similar al moco primitivo de Oken.

Aunque la formación celular siguió siendo el punto focal de la teoría de las células de Schwann, también hizo hincapié en aspectos funcionales de la célula. Schwann dijo que la célula tenía que ser el último asiento de la actividad metabólica. Sin embargo, los poderes metabólicos aún no se entendían bien y el conocido intento de Schwann de especificar esos poderes en realidad sólo fue un ejercicio en esperanzada expectativa. No obstante, notó que las actividades vitales estaban limitadas por temperatura, disponibilidad de oxígeno y presencia de sustancias químicas extrañas.

Consideraba la célula como el foco del consumo y la producción de oxígeno y bióxido de carbono. "La universalidad de la respiración —anunció, en forma bastante temeraria— se basa completamente en esta condición fundamental de los fenómenos metabólicos de las células." Schwann establecía así un ideal para comprender (pero no ofrecía indicio alguno de una demostración), hacia el cual se esforzarían generaciones de fisiólogos posteriores.

A medida que la fisiología del siglo XIX avanzaba, desde el estudio de la actividad metabólica general de todo el organismo hasta el análisis de sus elementos vitales, la teoría celular se iba transformando muy gradualmente de una visión esencialmente estructural del organismo a una interpretación principalmente funcional de sus estructuras constitutivas.

La teoría celular de Schleiden y Schwann recibió amplia publicidad y determinó, en mucho, las investigaciones en anatomía microscópica hasta alrededor de 1860. Ése fue un periodo dedicado a probar el concepto del citoblastema de la formación celular y a ampliar el terreno de observación para declarar que las células eran de veras un común denominador de todas las criaturas vivas. Los maestros de anatomía microscópica adoptaron,

rápidamente, la teoría celular como base para su instrucción, un hecho verificado fácilmente por referencia a los nuevos y generalmente enormes manuales o libros de texto sobre el tema que se iban poniendo a la disposición. Los autores del más influyente de esos trabajos, Jacob Henle (*Allgemeine Anatomie*, 1841)[6] y Albert von Kölliker (*Handbuch der Gewebelehre*, 1852),[7] se encontraban entre los muchos biólogos que generalmente apoyaban la noción de formación celular de Schleiden y Schwann. Sin embargo, a partir de cuando se anunció, la hipótesis del citoblastema había estado sujeta a crítica severa. Esa crítica llegó principalmente de los microscopistas, quienes, usando el nuevo instrumento acromático, estudiaban la estructura vegetal y animal tanto en el organismo adulto como en el organismo en desarrollo. Hacia 1860 esos investigadores habían observado numerosos casos de formación celular por división de las células preexistentes. Los espectaculares cambios relacionados con el desarrollo embrionario habían sido interpretados, en su mayor parte, como efectos a gran escala de incontables divisiones celulares que, posiblemente, empezaban con el óvulo fecundado. La creencia milenaria de la continuidad de la vida adquirió un nuevo y más completo significado, porque en la célula podía verse una unidad estructural y funcional que se autoperpetuaba, común a todos los seres vivos. Por supuesto, esos descubrimientos contradecían y destruían la idea de precipitación celular en un citoblastema formativo no vivo.

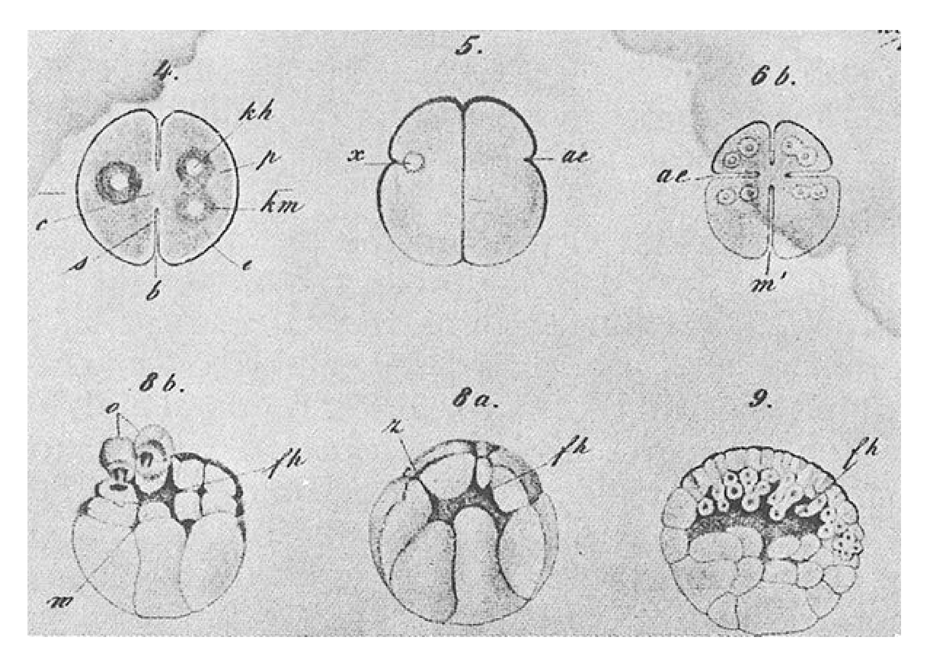


FIGURA II.3. Durante la década de 1840, se reconoció que las etapas distintivas del desarrollo individual estaban compuestas por células. En la década siguiente se demostró que el proceso de formación celular ocurría únicamente por división celular. La observación que sirvió de base para esas conclusiones se ilustra soberbiamente en estos dibujos de etapas del desarrollo del huevo de rana, desde un sencillo cuerpo de dos células hasta la etapa compleja y multicelular de la *gástrula.* (Robert Remak, 1855.)

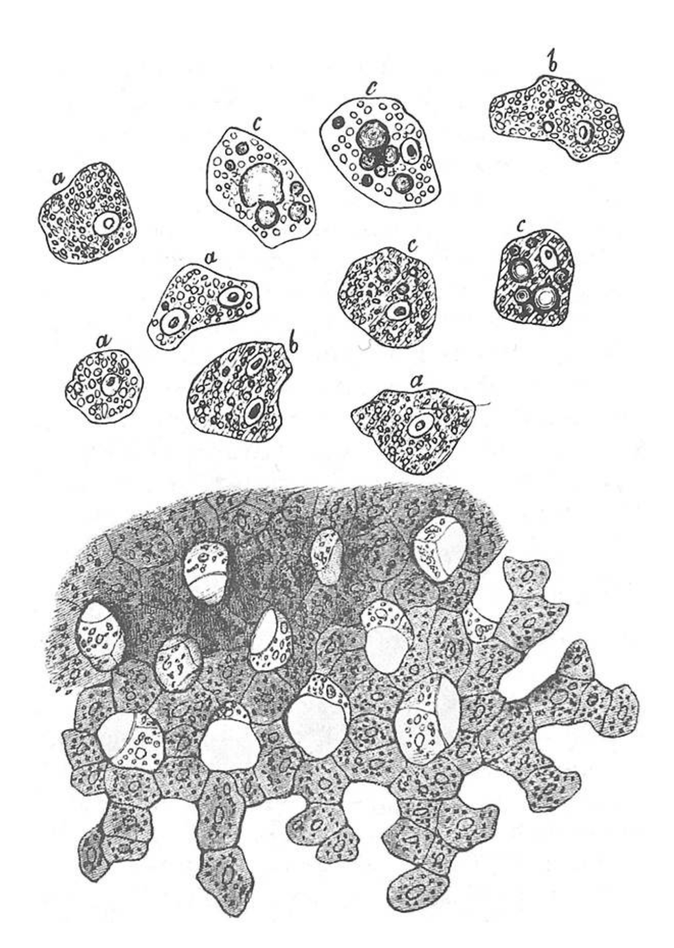
Siguió habiendo muchas disputas, incluso entre aquellos que aceptaban la nueva teoría celular, es decir, el concepto conjunto de la ubicuidad de las células de las criaturas vivas y de la continuidad reproductiva ininterrumpida de esas células, por medio de división celular. Por ejemplo, se emplearon muchos esfuerzos en tratar de definir abstractamente la célula o por lo menos establecer sus estructuras y propiedades inalienables. Algunos citólogos descartaron una membrana que envolviera a la célula; otros dudaban mucho de que el núcleo celular fuera más que un artificio de observación producido por un aparato óptico inadecuado o una preparación defectuosa. Sin embargo, hacia 1875 se había logrado el acuerdo general de que la célula era una entidad identificable demarcada por límites espaciales definidos (con o sin participación de una membrana limitante especial); que poseía un núcleo, el cual, a su vez, contenía otras estructuras especializadas (cromosomas), y que tenía, lo cual era de gran importancia, una sustancia pelúcida (citoplasma) de sorprendente complejidad química y física. El periodo de

fácil generalización respecto a las células, su contenido y sus propiedades vitales iba a ser sustituido pronto por el análisis experimental arduo pero incansable de la función y la estructura celulares. Este trabajo lo lleva a uno, ininterrumpidamente, hasta la biología del siglo XX. Sin embargo, debe observarse que la "célula", según se identificó en 1875, en sus especificaciones más amplias era en mucho la "célula" tan vigorosamente escudriñada por los investigadores modernos.

TEORÍA CELULAR Y ANATOMÍA PATOLÓGICA

En ninguna parte fue tan conspicuo el triunfo de la teoría celular como en la patología. En mucho fue resultado de las investigaciones y la defensa realizadas por el boquifresco microscopista y médico alemán Rudolf Virchow, de que la teoría celular asumiera una posición preeminente en patología, fisiología y biología general. Virchow (1821-1902) estuvo empeñado en una campaña de toda la vida contra el concepto (heredado de la antigua medicina griega) de "enfermedad general", la noción de que la enfermedad era un padecimiento del cuerpo en su conjunto y, más precisamente, de sus líquidos o "humores" (especialmente la sangre). A este concepto lo remplazó Virchow con su "idea anatómica". Su expresión fue intencionalmente integradora porque con ella quería decir: englobar los temas principales dentro de la evolución de la anatomía patológica desde el siglo XVIII incluyendo, por supuesto, a la gran escuela de París de la que era representativo Bichat. La idea anatómica significaba, muy sencillamente, la búsqueda del asiento o los asientos anatómicos de la enfermedad y Virchow deseaba dirigir el interés del patólogo de los procesos generales a los trastornos anatómicos altamente localizados. Los estudiantes siempre tenían que preguntar primero: ¿Dónde está la enfermedad? La búsqueda del asiento de la enfermedad realizada por el patólogo, declaraba, había entonces "avanzado desde los órganos hasta los tejidos y desde los tejidos hasta las células". Mucho de la fama de Virchow descansa en su definición de la patología celular. Sin embargo, no fue original al señalar a la célula como el punto primario de enfermedad. Esto había sido sugerido frecuentemente durante la década de 1840 por los partidarios de la hipótesis del citoblastema. Pero Virchow desacreditó esta última idea más que cualquier otro investigador y, como parte de su misión de patólogo, argüía que todas las células pueden surgir sólo de células preexistentes (*Omnis cellula a cellula*,

1855). Las células, escribió, son “el último enlace constante en la gran cadena de formaciones mutuamente subordinadas que forman tejidos, órganos, sistemas y al individuo. Por debajo de ellas nada hay, más que cambio”. En esta proposición se basó su notable tratado: *Die Cellularpathologie* (1858),[8] que sirvió para remodelar tanto los objetivos como los métodos de las investigaciones patológicas.



FIGURAS II.4 y II.5. El libro de texto, a menudo, es la clave más verídica del estado de los conocimientos científicos, y la conquista de la biología realizada por la teoría celular fue rápida y completa. Su triunfo se ejemplifica con estas células aisladas de hígado humano y el corte microscópico de tejido hepático humano, ambos tomados de un manual de la década de 1850. Sin embargo, el autor siguió apoyando la hipótesis del citoblastema de Schleiden y Schwann. (Albert von Kölliker, 1854.)

El concepto celular de Virchow incluía todo y estaba ricamente detallado. Siguiendo otra antigua proposición médica, más y más popular a partir del siglo XVIII, argüía que "enfermedad" es en realidad "vida" modificada. No hay distinción cualitativa entre lo normal y lo patológico. Por consiguiente, el curso y la disposición acostumbrados de los procesos y estructuras vitales son trastornados por la enfermedad, pero siguen siendo los procesos y las estructuras básicos sobre los cuales incluso la enfermedad tiene que actuar a su manera. Por lo tanto, Virchow estaba enunciando una definición fisiológica de la enfermedad y, al introducir la teoría celular, trataba de delimitar, hasta donde lo permitiera la ciencia contemporánea, el probable asiento de la enfermedad. Obviamente su definición lo llevó a demandar que, si la enfermedad era un trastorno fisiológico, entonces la célula tenía que ser la unidad organizada más pequeña y probablemente irreductible de la actividad fisiológica. La teoría celular había reunido a los estudiosos de las plantas y a los de los animales y entonces Virchow trató de agregar la patología a sus intereses. Considerar la célula enferma como el estado cambiado de la célula normal y no como una célula de esencia totalmente diferente, forzó al patólogo a prestar atención a las condiciones perturbadoras y a la reacción funcional producida por ellas en la célula y en el tejido celular. Pero tal investigación era fisiológica en forma última. Virchow aplaudió esa conclusión y anunció que la patología, basada en la célula, no era simplemente la aplicación de la fisiología; virtualmente, era fisiología.

En forma más amplia y generalmente más profunda, Virchow volvió a hacer hincapié en las laxas declaraciones de Schwann respecto a la omnipotencia funcional de la célula. Ni la sugerencia de Schwann ni la convicción de Virchow proporcionaron la necesaria demostración de que la célula era el elemento funcional crítico del organismo. Esta demostración permaneció como un resistente desafío para los fisiólogos experimentales del siglo XIX. Hacia 1900 numerosas líneas de investigación, incluyendo el examen más atento de los procesos respiratorios del organismo y el penetrante análisis de las estructuras y el funcionamiento del sistema nervioso, parecían estar contestando ese desafío. Por último, lo que requerían los fisiólogos celulares eran técnicas de laboratorio (como cultivos de tejido o de célula única y microinstrumentos) que les dieran acceso a los componentes y procesos intracelulares.

Sin embargo los fisiólogos del siglo XIX estaban muy lejos de ser impotentes. La prolongada y ardua investigación de laboratorio acerca de,

por ejemplo, la respiración, practicada principalmente por los fisiólogos alemanes, pero expresada generalmente en los últimos trabajos de Claude Bernard (véase el capítulo VI), rindió un nuevo y satisfactorio concepto del organismo vivo. Bernard hizo de la célula y los tejidos celulares los elementos fundamentales en su atrevida delineación del organismo como un todo funcional, un todo cuyo funcionamiento integral dependía de la interacción dinámica de la célula y los líquidos corporales que la bañaban. Si resultaba extremadamente difícil establecer el papel fisiológico particular de una célula o un componente celular dados, de todas maneras podían declararse cosas muy importantes con respecto al papel global de las células y los tejidos en el funcionamiento del cuerpo. La célula, unidad estructural esencial del organismo, según podía demostrarse, prometía transformarse en el elemento funcional crítico de la criatura viva. Esa promesa dio sus primeros frutos en el estudio de la generación y del desarrollo individual.

III. FORMA: DESARROLLO INDIVIDUAL

ENTRE 1840 y 1860 los biólogos demostraron que la célula era el elemento orgánico crítico que unía generaciones sucesivas de plantas y animales. Hacia 1876, se había asignado ese papel al núcleo de la célula; una década más tarde, los observadores competentes habían concluido que los cromosomas, cuerpos formados distintivos que se encontraban dentro del núcleo, tenían que ser la causa última de la transmisión y, por consiguiente, la posibilidad misma de existencia continuada, de la vida y los seres vivos. La función capital de la generación orgánica se adscribió a la célula y, en forma creciente, a sus constituyentes. No obstante, esta importante conclusión fue menos una resolución general que una delimitación más precisa de los problemas milenarios referentes a la generación y a los aspectos relacionados con ella, notablemente los fenómenos de la herencia y la variación y el desarrollo individuales.

Por supuesto, el hecho decisivo es que, en las formas de vidas superiores, la "generación" no es un acontecimiento sencillo. Los organismos adultos (progenitores) no producen directamente una nueva forma adulta sino sólo un huevo fecundado. Aunque creemos que ese huevo y particularmente su núcleo (producidos ambos en la fecundación por la unión de los productos reproductivos materno y paterno: óvulo y espermatozoide, y de sus núcleos) poseen estructura y propiedades moleculares notables, no suponemos que la futura forma adulta exista preformada (un verdadero adulto en miniatura) dentro de ese huevo. Un avance importante de los estudiosos del desarrollo individual (embriólogos) de principios del siglo XIX fue el de destruir, tanto como puede hacerlo la evidencia exacta producto de la observación, la entonces prevaleciente doctrina de la preformación. En su lugar surgió la idea de la epigénesis. La epigénesis define el desarrollo orgánico como la producción, en forma acumulativa, de estructuras más y más complejas a partir de una sustancia inicialmente más o menos homogénea (el huevo fecundado). Por lo tanto, el organismo adulto es producido en términos epigenéticos por un orden de sucesión de formaciones embrionarias siempre nuevas, cada formación configurándose en las anteriores y surgiendo en todo

de un óvulo fecundado indiferenciado.

Entonces, la generación tiene que incluir no sólo el acto reproductivo (esencialmente, fecundación), sino que tendrá que abarcar el vasto complejo de acontecimientos que lleva al organismo en desarrollo desde el huevo hasta el adulto. La epigénesis enfocaba la atención exactamente en esos acontecimientos. ¿Cuál era precisamente el curso del desarrollo individual? ¿Diferían los organismos durante su desarrollo, y si era así, cuáles eran la naturaleza y el significado de esa diferencia? ¿Qué podría concluirse de la relación entre esos modelos de desarrollo individual? ¿Había (y casi todos los observadores del siglo XIX respondían afirmando enfáticamente) una relación íntima entre el desarrollo de un organismo individual y las transformaciones históricas a largo plazo de todos los animales, es decir, entre las etapas observadas en su desarrollo individual y las expresadas en las historias de los antepasados? Finalmente, mucho después de haberse demostrado que el desarrollo de verdad ocurre si es epigenético, muchos biólogos llegaron a insistir en que la explicación genuina de este proceso debería ser "causal" y no simplemente "histórica". En ese punto (alrededor de 1880) se extendió la revuelta en la morfología y se propagó un enfoque muy nuevo de los problemas del desarrollo individual. Por lo tanto, el pensamiento embriológico del siglo XIX presentó su evolución propia. La embriología descriptiva llevó directamente a los estudios comparativos. De éstos llegó el aparente apoyo para la más atrevida de las generalizaciones embriológicas. La doctrina de la recapitulación sostenía que el desarrollo del organismo individual repetiría fielmente el orden de sucesión evolutivo observado en la historia de los antepasados; la insatisfacción producida por los enunciados y la evidencia de esa doctrina, junto con nuevas ambiciones para la ciencia embriológica, inspiraron la revuelta subsecuente de la morfología. El estudio del embrión es el estudio del desarrollo *par excellence.* En ninguna otra parte de la biología se compromete tan profundamente a sí mismo el ideal de la explicación histórica, y la embriología y sus estudiosos son representativos de los intereses más amplios y las actividades de la biología del siglo XIX. En efecto, era raro el *curriculum* zoológico o botánico que no hiciera hincapié, después de mediados del siglo, en la embriología descriptiva y comparada. Realmente pocos biólogos podrían haber estado en desacuerdo con la declaración de Carl Ernst von Baer (1828) de que "la historia del desarrollo es la verdadera fuente luminosa para la investigación de los cuerpos organizados".

Debe notarse que la embriología, además de su estrecho enlace conceptual con la idea general del desarrollo, prosperó a causa de la pura inmediación de los acontecimientos que estudiaba. El embrión individual manifestaba un ciclo completo de desarrollo y que, por lo tanto, era accesible a todos aquellos que elegían prepararse para su estudio. En la evolución gradual de las especies vegetales y animales nada era comparable con lo bello y aparentemente obvio de las rápidas transformaciones embrionarias, desplegándose ante los ojos del observador. Además el embrión ofrecía terreno ampliamente virgen para su explotación. Su fascinación inmediata sólo competía con el extraordinario fondo de información útil que proporcionaba a los observadores. El embrión y sus cambios eran problemas difíciles por derecho propio, pero los hechos del desarrollo individual sirvieron igualmente para otras áreas de la biología. Su efecto se sintió más en la clasificación vegetal y animal, que adquirió un método nuevo e igualmente útil cuando se agregaron a su estudio las etapas embrionarias (véase el capítulo IV).

El enlace entre generaciones

El producto sexual masculino (espermatozoide) se descubrió en los primeros años de la investigación microscópica, a fines del siglo XVII. La contribución femenina (óvulo) se conoció también pronto, en una gran diversidad de organismos. Durante todo el siglo XVIII se conservó un agudo interés en los problemas de la generación y se extendió el catálogo de estos productos altamente diversificados. Empero, no fue sino en 1827 cuando la demostración del huevo de mamífero estuvo fácilmente al alcance. Esta demostración (hecha por Von Baer) y la abundante información anterior proporcionaron pruebas persuasivas de la ubicuidad de los productos sexuales de importancia total. Fue una suposición ampliamente extendida la de que esos productos eran los elementos decisivos y tal vez exclusivos en el proceso generativo global. No obstante, la prueba concluyente de este concepto era defectuosa y se difundieron repetidamente numerosos y a menudo extraños conceptos acerca de la generación. El progreso concreto no se realizó hasta la introducción de la teoría celular y la mejora del microscopio. Por medio de la investigación microscópica asidua se llegó al establecimiento sucesivo de la célula, del núcleo y luego del cromosoma como vehículo de la herencia y como agente causal probable, si bien aún

incomprensible, del desarrollo individual.

En fecha tan temprana como 1843, se había observado la presencia del espermatozoide dentro del óvulo. Ya se había demostrado que la fecundación no ocurre, es decir, el huevo no se desarrolla a menos que el espermatozoide se aplique al óvulo en un medio experimental adecuado. Sin embargo, hasta la década de 1870 la explicación preferida del proceso de fecundación siguió siendo la idea de que el producto masculino contribuía sólo con una "excitación" molecular, un estímulo para el desarrollo del huevo, y no como algún constituyente físico especificable. Sin embargo, en 1876-1877, Oscar Hertwig y Hermann Fol, eminentes anatomistas microscópicos celulares (citólogos), informaron acerca de la innegable presencia de dos núcleos (masculino y femenino) en la célula del óvulo fecundado. Esos núcleos se fundían entonces para formar el núcleo único de la primera célula de la nueva generación. Fol fue testigo de la penetración real del espermatozoide en el óvulo. Este y otros descubrimientos desacreditaron la noción de la excitación molecular y sugirieron, firmemente, que el verdadero significado de la fecundación se encontraría en la transferencia de cierta sustancia, tal vez una molécula compleja o un grupo de moléculas, del espermatozoide al óvulo. Si tal era el caso, entonces sólo el escrutinio estrecho de la constitución y del comportamiento del núcleo celular podrían llevar a una mayor comprensión.

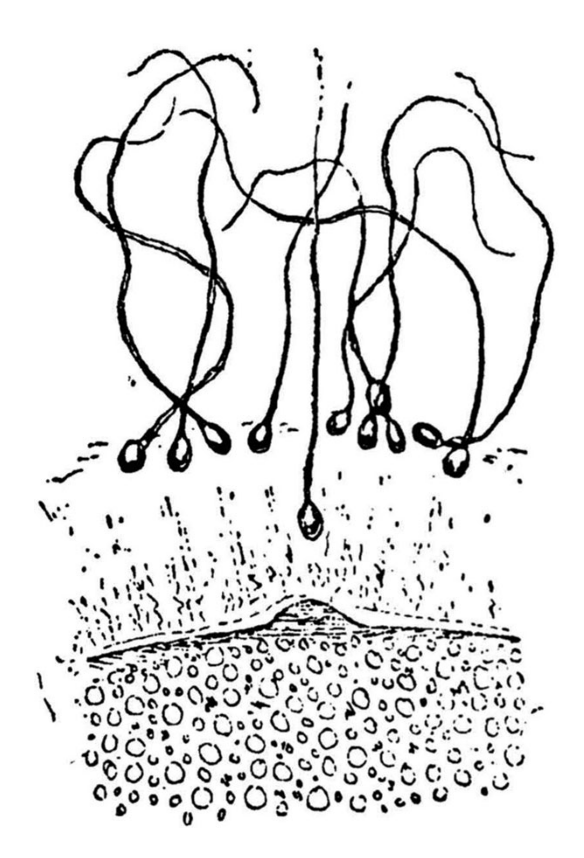


FIGURA III.1. El hecho de que la fecundación, el acontecimiento fisiológico esencial que asegura la continuidad de la vida en los organismos que se reproducen sexualmente, requería de la unión de los productos masculino (espermatozoide) y femenino (óvulo) era una convicción común entre los biólogos del siglo XIX. Pero el proceso mismo de fecundación o por lo menos la penetración real del óvulo por un espermatozoide único no podía atestiguarse fácilmente. Esta figura muestra un espermatozoide a punto de entrar en un óvulo maduro del pez *Asterias glacialis* y se considera como la representación más temprana del proceso de fecundación. (*Hermann Fol*, 1877.)

El núcleo había desempeñado una función crucial en la teoría celular original de Schleiden y Schwann. Junto con sus diversas y aún mal definidas inclusiones, el núcleo siguió siendo objeto de seria atención microscópica hasta fines de la década de 1850. Entonces se desvió la atención hacia otro componente celular fundamental: la "sustancia viva" o protoplasma. Pero el descubrimiento y la dilucidación (1873-1879) de la singular manera mediante la cual se divide el núcleo (mitosis) volvieron a llamar la atención acerca de ese elemento. ¿A qué propósito, se preguntaba, podría servir posiblemente ese proceso de división aparentemente ineficaz y muy indirecto? ¿Por qué no podría ser suficiente la simple división directa, por constricción progresiva en el ecuador de un núcleo burdamente esférico? Los estudios ulteriores, completados hacia 1883, proporcionaron una respuesta. El efecto de la división nuclear indirecta o mitótica era el de asegurar una distribución siempre equivalente de las contribuciones materna y paterna del núcleo original a los dos núcleos hijos. La división nuclear no era una división a la mitad, burda y simplemente cuantitativa de la masa de sustancia hereditaria; se trataba de un proceso exacto y necesariamente intrincado que garantizaba que, descartando factores perturbadores, cada núcleo celular fuera idéntico a todo otro núcleo del mismo organismo.

Ahí había un mecanismo (uno de los más magníficos de todos los procesos biológicos) que se hacía cargo de la autoduplicación precisa de la célula y del núcleo. Como el huevo fecundado era también una célula y estaba formado por productos celulares demostrables (espermatozoide y óvulo), la continuidad de la vida podía asignarse primero a la célula y luego, lo que es más importante, al núcleo de la célula, y tal vez incluso a sus constituyentes. ¿Qué era el núcleo, o mejor aún, cuáles eran los componentes hereditarios esenciales del núcleo?

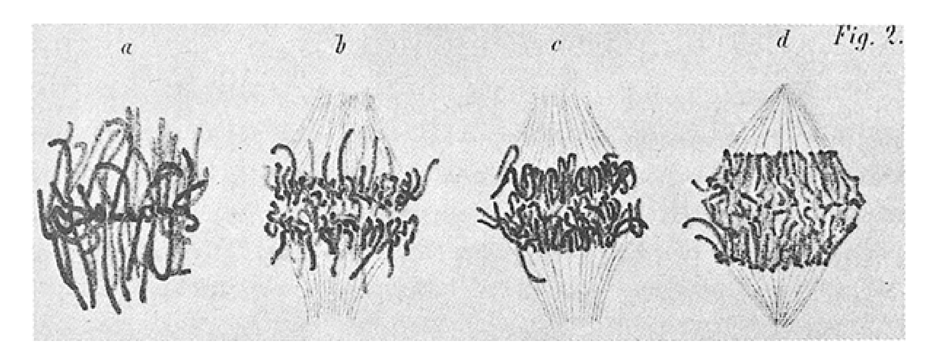


FIGURA III.2. Los cromosomas, cuerpos que se tiñen de oscuro y pueden descubrirse dentro del

núcleo de una célula que se esté dividiendo, atrajeron gran atención de parte de los microscopistas después de 1875. La singular forma de actuar de los cromosomas durante la división (más notablemente la duplicación del cromosoma y la distribución regular de los productos iguales en las células hijas) sugería poderosamente que esos cuerpos eran los elementos esenciales que controlaban la herencia. Aquí se representan los cromosomas en los núcleos celulares del embrión de lirio reuniéndose *(a, b)* cerca del plano ecuatorial *(c)* de la célula que se está dividiendo y empezando su curso *(d)* en los núcleos de las células hijas. (Walther Fleming, 1882.)

Las respuestas a estas cuestiones no fueron posibles hasta fines de la década de 1870. Dentro del núcleo había una sustancia que teñía intensamente (cromatina) la cual, durante las fases de división nuclear, formaba cuerpos discretos, discernibles individualmente como cordones: los cromosomas (designados así en 1888). Fue el informe acerca del comportamiento de esos cuerpos distintivos y que no podía dejar de percibirse, lo que constituyó la mera esencia de la división nuclear, ya fuera acompañando la división celular normal o como parte de los acontecimientos aún más complejos que preceden a la formación de los productos sexuales (meiosis). En 1884-1885, numerosos citólogos dirigentes concluyeron independientemente que el núcleo, y sin duda sus cromosomas, constituía el enlace físico único y de importancia total entre generaciones. De las células y núcleos de la generación de los progenitores llegaban células especializadas (espermatozoide y óvulo) que daban lugar a un organismo nuevo y, por supuesto, celular, y así sucesivamente *ad infinitum.*

Los acontecimientos acabados de mencionar, y aún más, los omitidos en esta exposición son extremadamente técnicos. Sin embargo, su importancia está clara. En 1885 se estableció definitivamente que una entidad fisicoquímica definida, el cromosoma, era el agente principal y probablemente exclusivo de la perpetuación de la vida. Durante las décadas de 1880 y de 1890, hubo gran interés en el análisis químico del cromosoma. Por ejemplo, se hicieron estimaciones acerca de su constitución elemental básica y se notó la presencia inesperada de fósforo, así como de los acostumbrados carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Por supuesto, la estructura molecular del cromosoma siguió siendo un gran misterio. Pero cómo podría el cromosoma regular el desarrollo del huevo fecundado y cómo se podrían relacionar los cromosomas con el conocimiento sugerente pero aún oscuro de los fenómenos de herencia y variación, fueron temas de construcción común y no obstante abrumadoramente especulativa. Las oportunidades para el análisis experimental riguroso de esos problemas llegaron sólo en los últimos años del siglo. Sin embargo, las dos últimas

décadas del siglo XIX constituyeron un periodo de estudio vehemente y cada vez más exacto del proceder integral del cromosoma en todos los momentos de su existencia. Fue de particular interés la distribución de los cromosomas durante la división en células normales y en células que habían sido trastornadas artificialmente por el experimentador. La información acumulada reveló su gran importancia hasta después, al medirla contra una concepción definida de la distribución de las cualidades hereditarias, mediante experimentos de crianza. Esta comparación fue posible sólo después del redescubrimiento, en 1900, de los principios de Gregor Mendel sobre la herencia y la variación. Desde 1902, aproximadamente, el estudio de los fenómenos hereditarios, siguiendo los lineamientos de Mendel y los decenios de investigación microscópica de la célula, el núcleo y los cromosomas, se unieron en la creación de una ciencia de la citogenética. Juntos, la citogenética y los éxitos en química, física y fisiología revolucionaron los objetivos de la ciencia biológica y son los efectos de esa revolución los que definen ampliamente a la biología durante el siglo XX.

La realidad del desarrollo

La exposición embriológica del siglo XIX sugiere fácilmente que el tema perenne de la preformación contra la epigénesis se había resuelto decisivamente a favor de esta última. Aunque es cierto que la preformación ganó pocos adeptos en el nuevo siglo, no debe suponerse que el vívido debate de esas interpretaciones de alternativa del desarrollo se haya detenido abruptamente. La epigénesis satisfacía adecuadamente a aquellos embriólogos que declaraban, siguiendo a su maestro del siglo XVIII Caspar Friedrich Wolff, "lo que [uno] no ve, no está ahí". Sin embargo, esto demandaba de ellos proposiciones dudosas respecto a los factores que controlaban el desarrollo individual.

Los preformacionistas podían suponer la existencia y la integridad estructural y funcional del organismo desde su principio. El gran problema que enfrentaba el embrión preformado era, por lo tanto, de crecimiento, de burdo aumento de la criatura embrionaria ya delineada exactamente. Ésta era esencialmente una cuestión de nutrición y, por consiguiente, coextensiva con las hipotéticas fuerzas fisiológicas que proporcionaban "partículas" de nutrientes a porciones adecuadas del organismo en desarrollo. Los fundamentos para tal especulación eran, desde luego, totalmente

cuestionables, pero sus raíces conceptuales eran de gran interés.

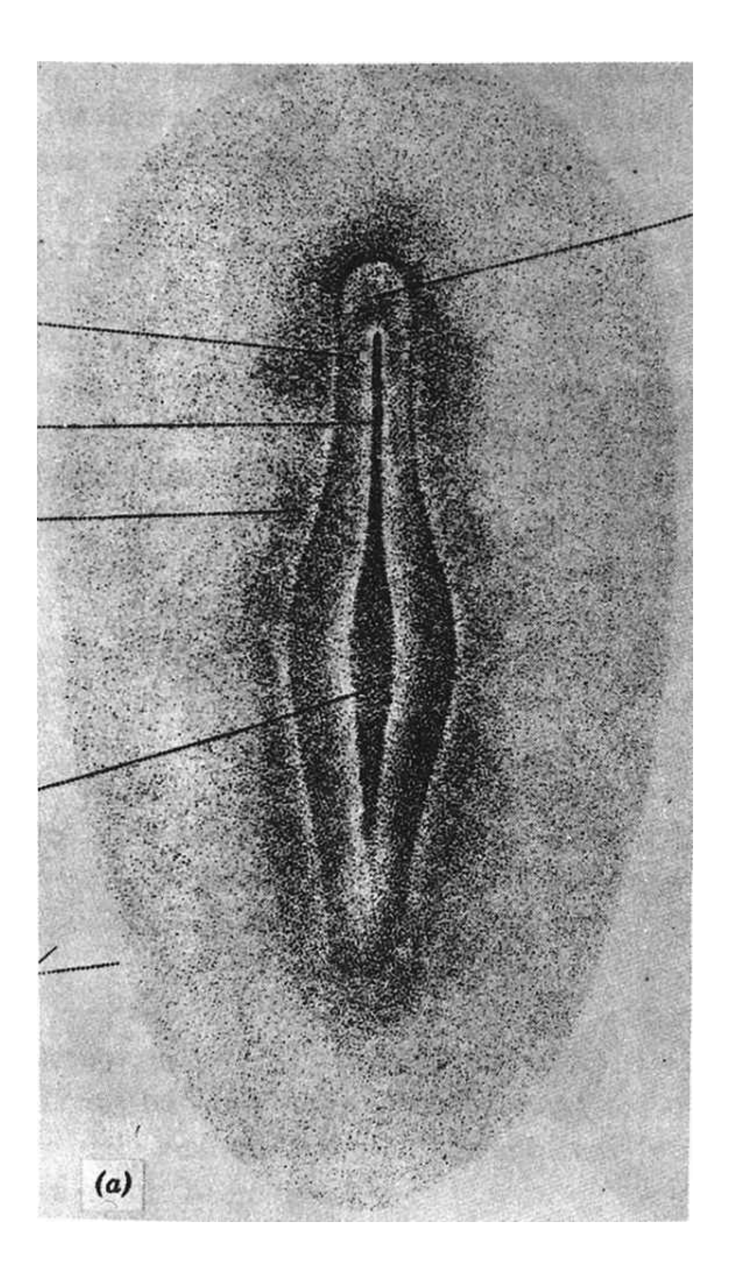
Los preformacionistas del siglo XVIII aceptaban y explotaban ampliamente la legitimidad prescrita de un universo newtoniano. Tanto la creación como las leyes reguladoras del universo y de todas sus producciones menores, incluyendo a los organismos, eran en forma última producto de la sabiduría divina. Como la existencia y, de hecho, la forma general y detallada de la criatura se refería a la Primera Causa, todos los acontecimientos subsecuentes, es decir el desarrollo real (de hecho despliegue o crecimiento) del embrión, tenían que estar subordinados a uno u otro de los entonces populares sistemas de leyes "mecanicistas". Una vez superada la barrera del modo de origen, los naturalistas podían asignar libremente el desarrollo embrionario a causalidad secundaria.

La tarea del epigeneticista era más formidable. No era capaz de postular la existencia originaria de ningún organismo y por lo tanto estaba obligado a tomar en cuenta la producción real de tal criatura entre los fenómenos constantemente cambiantes del mundo presente. La epigénesis es el cambio que se realiza en transformaciones anteriores, y en el curso normal de los acontecimientos en el terreno orgánico, lleva siempre a un fin demostrable y necesario, es decir, a la producción de un organismo adulto que pertenece a una especie particular. Pero el huevo fecundado, lo sabían estos epigeneticistas, no estaba estructurado y llevaba a cabo una sucesión de transformaciones notables. Por consiguiente, si la forma orgánica no es original sino producida, ¿cuál puede ser la causa posible de lo regular y lo directo de un proceso de desarrollo tan extraordinariamente complejo?

Plantear esta pregunta era, para los epigeneticistas más determinados, anticipar su respuesta: postulaban la existencia de una fuerza especial de desarrollo. Esa fuerza actuaba sin pausa sobre el embrión, dictando cada una de sus transformaciones y asegurando que el embrión progresara siempre hacia su meta, sin que importara cuán indirecto pareciera el camino de desarrollo actual. Esa meta era la forma adulta estructural y funcionalmente integrada. Generalizando, casi todos los primeros epigeneticistas eran vitalistas. Requerían de la acción de una fuerza (del desarrollo) que fuera común a todos los seres vivos, la cual necesariamente sería inconmensurable con las fuerzas de la naturaleza ya sujetas a escrutinio y control ocasional por las ciencias físicas, particularmente la mecánica. Wolff había demandado (1759) una "fuerza esencial". Se conocía simplemente "por su efecto", es decir, "se requiere sólo de ella para explicar el desarrollo de las partes [del

cuerpo]". Von Baer (1792-1876), el mayor de los embriólogos comparativos de principios del siglo XIX y hábil proponente del pensamiento epigenético, rehusó vigorosamente cualquier explicación mecanicista del desarrollo. En cambio, declaró, es la "*esencia*" (la Idea, según la nueva escuela [de filósofos naturalistas]) "*de la forma animal en desarrollo la que controla el desarrollo del germen* [huevo fecundado]". La "fuerza" de Wolff y la "esencia" de von Baer parecen derivarse de compromisos metafísicos diferentes y probablemente no puedan igualarse. Sin embargo, en común anuncian la temprana necesidad del epigeneticista de una solución no mecanicista para el problema del control del proceso de desarrollo. La solución del desarrollo orgánico individual tendría que encontrarse en las propiedades únicas del organismo o tal vez en su relación distintiva con el orden de la naturaleza. La opinión de von Baer era aceptada ampliamente entre los embriólogos.

Una generación posterior atacó con vehemencia esta conclusión. No obstante, dentro de su ataque, los críticos tenían que confiar indefectiblemente en las soberbias descripciones de los primeros epigeneticistas acerca del proceso de desarrollo real en un vasto número de organismos diferentes. Se pensara lo que se pensase de las opiniones diversas de los epigeneticistas sobre las fuerzas del desarrollo, virtualmente todos aquellos interesados en problemas del desarrollo orgánico individual estaban de acuerdo en que su labor descriptiva había establecido como hecho irrefutable la realidad del desarrollo individual. Ante esa evidencia, se ensayó la doctrina tradicional de la preformación y se encontró insostenible. *Ueber die Entwickelungsgeschichte der Tiere* (1828-1837)[1] de Von Baer es el anuncio principal de la doctrina epigenética. Además de su justamente famosa exposición de principios generales para el estudio del desarrollo orgánico, representa bien los intereses y los logros de la embriología descriptiva y comparada, ambos fundados en el pensamiento epigenético.


(a)

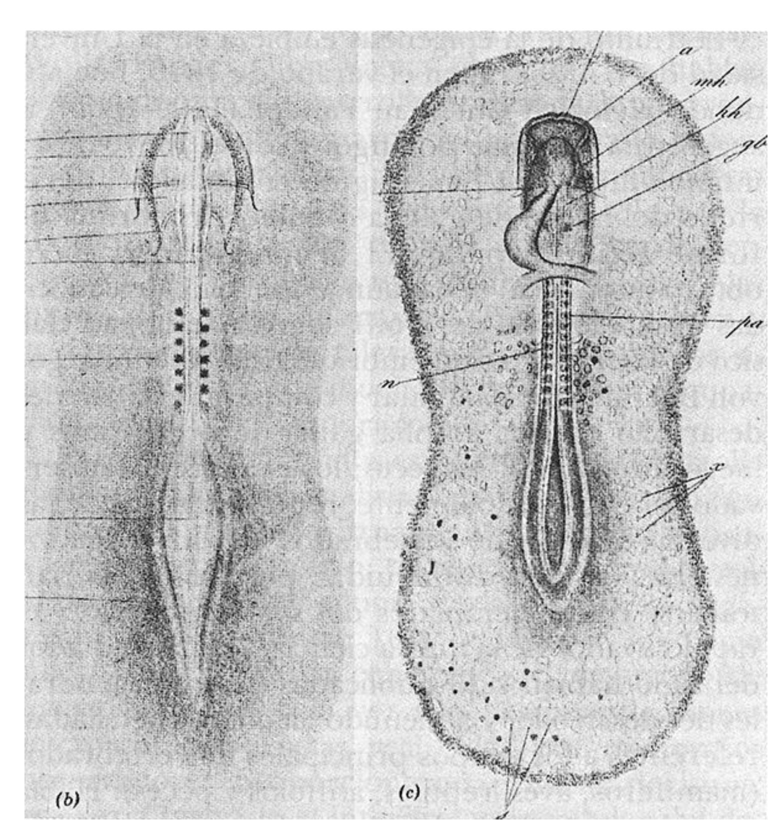


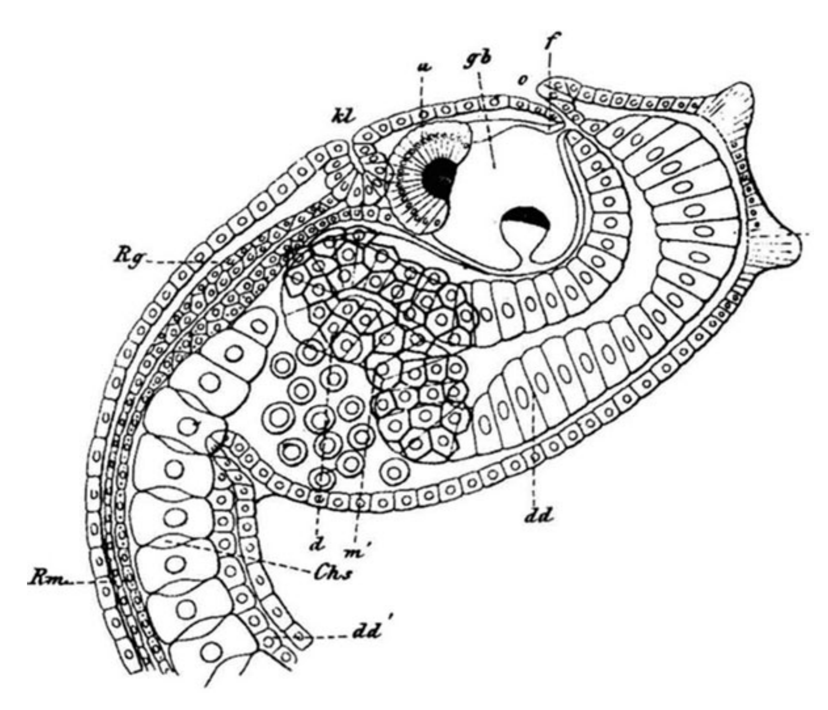
FIGURA III.3. *a, b, c.* La embriología descriptiva de los vertebrados hizo progresos extraordinarios durante la primera mitad del siglo XIX. Un objeto clásico de tal investigación fue el huevo de gallina en desarrollo. Uno de los mayores estudiosos del desarrollo y la anatomía microscópica registró aquí tres distintas etapas (desde *a* hasta *c*) durante las primeras 36 horas del desarrollo del pollo. Están dibujados claramente el eje neural de la simetría del cuerpo, los repetidos "pares" del futuro tejido muscular y el saco cardiaco. (Robert Remak, 1855.)

El triunfo de la epigénesis empieza en la Universidad de Würzburg en el verano de 1816. Fue ahí donde Heinrich Christian Pander (1794-1865), a sugerencia de Ignaz Döllinger y con el apoyo de su íntimo amigo Von Baer, siguió en detalle el desarrollo del huevo de gallina desde el primordio informe hasta el pollo. El grupo de Würzburg obtuvo inspiración de las aún, en mucho, desconocidas observaciones de Wolff sobre este objeto clásico de la investigación embriológica. Sin embargo, Von Baer decidió examinar y comparar el curso del desarrollo en una amplia gama de organismos y luego informar al respecto; los organismos observados eran, principalmente, representativos de las diversas especies de vertebrados. Sus investigaciones eran siempre distinguidas, pero sólo deberían tomarse como ejemplares del sano comienzo y el rápido avance de la nueva ciencia. Hacia mediados del siglo habían sido publicadas historias generales del desarrollo, aunque a menudo altamente detalladas, referentes a los grupos principales de vertebrados (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces). Había empezado también el estudio de los modelos de desarrollo de los animales invertebrados. Este estudio especial, hecho en el ambiente de las estaciones biológicas marinas de reciente fundación, demostró ser una de las más vigorosas disciplinas biológicas. Tal labor descriptiva apasionada no sólo confirmó repetidamente la realidad del desarrollo individual, sino que llegó a prestar una atención más estrecha a la textura de la entidad del desarrollo, el embrión. En seguida se llegó al descubrimiento de tejidos embrionarios aparentemente exclusivos y también a la interpretación del desarrollo embrionario como un proceso estrictamente celular. Wolff, Pander, Von Baer y otros muchos habían observado que el desarrollo embrionario no avanzaba directamente a partir del huevo hasta la formación de los órganos. Más bien se formaban capas de tejidos extensas y distintivas y sólo por la transformación radical de esas capas ("capas germinales") se producían más tarde los órganos y las partes definitivas del cuerpo. Buscar el origen y trazar el destino de tales tejidos embrionarios siguió siendo durante mucho tiempo una preocupación central de la embriología.

Pero los más atrevidos estudiantes del desarrollo requerían más análisis. Las capas germinales, como los órganos y virtualmente cualquier constituyente corporal sólido, tienen a su vez que resolverse en la unidad última de la estructura orgánica: la célula. Entre 1840 y 1855 se ideó una interpretación celular coherente del desarrollo de los vertebrados. Una vez más las investigaciones microscópicas exactas realizadas por numerosos

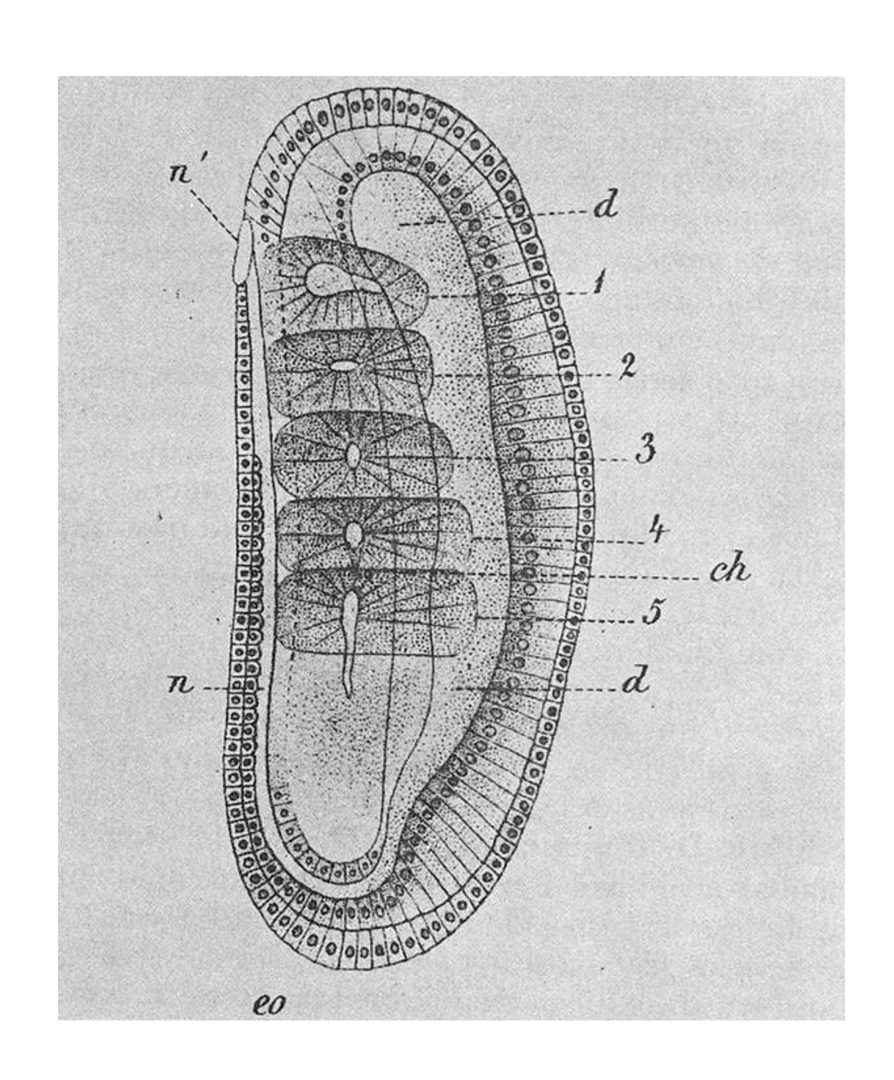
observadores proporcionaron pruebas decisivas, esa vez a favor de la interpretación celular del desarrollo individual. Robert Remak (1815-1865), el arquitecto dirigente del nuevo concepto, concluyó (1855) que "en ninguna etapa del desarrollo del huevo puede presentarse un hecho que nos lleve con certeza a otra conclusión que no sea la de que la producción independiente de núcleos o células es realmente sólo división de núcleos o células preexistentes".

Por consiguiente, en cualesquiera de los estudios o fases del desarrollo, los componentes celulares últimos del organismo surgen por "división progresiva de la célula huevo en elementos morfológicamente similares". Aquí también, una vez más, se hizo llegar un interés biológico principal, el desarrollo individual, hasta donde conviniera a la teoría celular de importancia total. Se probó en este caso que la célula era el elemento unificador en el proceso histórico (desarrollo individual) mejor conocido para la biología del siglo XIX.



FIGURAS III.4 y III.5. El interés principal de la embriología descriptiva se desvió después de 1850 a los animales invertebrados, principalmente marinos. Se acumuló una gran cantidad de información útil para estudios comparativos y el embriólogo alcanzó gran renombre tanto por la estética como por el interés científico de su trabajo. Estos espléndidos dibujos de las etapas de desarrollo de una ascidia

(III.4) y de *Amphioxus* (III.5) fueron hechos por el principal exponente ruso del arte. (Alexander Kowalevsky, 1871, 1877.)



n'
d
1
2
3
4
ch
5
n
d
eo

PARALELOS ENTRE EMBRIÓN Y ANTEPASADOS

"La ontogenia es la recapitulación breve y rápida de la filogenia." Así reza la proclamación epigramática de la teoría de la recapitulación de Ernst Haeckel. Arguye que el curso del desarrollo individual (ontogenia), especialmente el de las formas de vida superiores, repite o "recapitula", en orden de sucesión correspondiente y con adecuada exactitud, las etapas progresivas de la historia evolutiva misma de la vida en la tierra (filogenia). Haeckel (1834-1919) hizo este anuncio en 1866, como componente integral de una síntesis de la evolución de amplio espectro. Fanático materialista de la evolución, abogaba "por Darwin" y encontraba los temas embriológicos peculiarmente apropiados para su objetivo. Los esfuerzos de Haeckel por interpretar y popularizar la doctrina de la recapitulación fueron notablemente exitosos, porque esta teoría se volvió motivo central y de tremenda influencia en el pensamiento evolucionista posterior a Darwin. Como consecuencia, la doctrina de la recapitulación, alguna vez defectuosa e impositiva, se examina generalmente en relación con el desarrollo del pensamiento evolucionista tardío. Sin embargo, sus orígenes y no menos casi toda la notable crítica de sus declaraciones se remontan a los primeros años del siglo.

Entre 1800 y mediados del siglo, la idea del cambio evolutivo orgánico permaneció como una rama de la historia natural especulativa. Las evidencias sistemáticas y de apoyo concreto de las posibles transformaciones evolutivas de la vida, sobre todo las evidencias tomadas del registro de fósiles, eran muy deficientes y su acumulación, de interés menor. El registro evolutivo de expectativa contra el cual podrían compararse las diversas etapas del embrión en desarrollo era, por lo tanto, más un producto de la mente que la presentación de la naturaleza. Después de la publicación de *Origin of species* (*El origen de las especies*) de Darwin en 1859 y del subsecuente aumento del interés en cuestiones de transformación orgánica, se buscó ávidamente y se encontró la huella completa del pasado evolutivo.

Los naturalistas expresaron entonces una confianza sin límites en que existiera realmente un estrecho paralelo y tal vez una identidad entre las series de desarrollo de, por ejemplo, el pollo adulto a partir del huevo de gallina y de toda la especie de los pollos a partir de un ave más primitiva, pudiendo rastrearse por completo esa ave ancestral hasta el origen de los vertebrados y luego continuar hasta representantes de criaturas aún más

antiguas. Esas esperanzas eran todas demasiado confiadas. Faltaba, donde más se necesitaba, la evidencia confirmadora del paralelismo; es decir, ninguna evidencia mostraba una correspondencia precisa, estructural o de orden de sucesión entre las etapas embrionaria y supuestamente ancestral. Puede concluirse razonablemente que la doctrina de la recapitulación estaba construida más en la expectación de esta equivalencia del proceso de desarrollo, tanto en el individuo como en la raza, que en evidencias sugerentes, pero engañosas, de esa conclusión.

Esta interpretación desvía la atención de la embriología descriptiva y la reconstrucción de las series evolutivas a las raíces ideológicas a partir de las cuales crecía la teoría de la recapitulación. Esas raíces iban a encontrarse en la metafísica y los principios biológicos derivados de ella propuestos por los *Naturphilosophen* (filósofos naturalistas) alemanes de la era romántica. En el meollo de la doctrina de la recapitulación está la idea de la identidad de las fuerzas de la naturaleza. Uno no tiene que preocuparse respecto a la delimitación exacta de las fuerzas, ya que “fuerza” y “objeto” estaban inextricablemente unidos en la concepción de los filósofos naturalistas. “En tanto que consideremos la totalidad de los objetos”, escribió Friedrich W. J. Schelling (1799),

> no simplemente como un producto sino, al mismo tiempo, como productiva, se eleva dentro de la *naturaleza* para nosotros y esta *identidad del producto y de la productividad* y sólo ésta, es la que está implícita aún en el uso ordinario del lenguaje en la idea de la naturaleza.

Schelling, padre filosófico de los filósofos naturalistas, y sus adeptos más interesados en temas biológicos (Oken, Döllinger, C. G. Carus y otros muchos) fueron quienes excedieron los precavidos límites impuestos a la razón humana por la filosofía crítica de Immanuel Kant. Schelling preguntaba cómo puede el hombre “comprender” la naturaleza, asir la mera esencia de las cosas, y concluía, contrario a Kant, que tal conocimiento no sólo era posible sino necesario. La mente o razón y la naturaleza tienen la misma fuente; es decir, la mente surge de la naturaleza por un proceso de desarrollo.

Las implicaciones de esta conclusión son profundas. Se aseguraba la unidad fundamental de todos los objetos y procesos y además iba a asignarse la existencia y la transformación incesante de los fenómenos naturales al término integral naturaleza (una vez más, tanto producto como productiva). Filosofar sobre la naturaleza era, en el más completo sentido de la palabra,

crear naturaleza. Para Schelling, el mayor problema que enfrentaban las ciencias era el de crear una "ley" a partir de la cual pudieran derivarse los fenómenos de la experiencia. Tal ley se encontró en el principio de desarrollo, por el cual los contrarios en la naturaleza, situados en posiciones polares de desplazamiento, pero opuestas, obligan eternamente a su resolución y, por lo tanto, dialécticamente, mueven hacia adelante el curso de la naturaleza siempre en desarrollo.

Los puntos de vista epistemológicos y metafísicos de los filósofos naturalistas son profundamente interesantes e inherentemente oscuros. No obstante, proporcionan el contexto esencial para la comprensión de cualidades notables de esas fuerzas polares primarias cuando se aplican a temas del desarrollo de interés biológico directo. Si la naturaleza es fundamentalmente una y esa unidad es tanto producida como conservada por una fuerza de desarrollo no menos indivisible, las manifestaciones tangibles de tal fuerza presentarán entre sí, obviamente, pasmosas semejanzas, si no identidad real. En biología esto significa que el desarrollo, dondequiera que ocurra, tomará lugar en un curso común y razonablemente bien circunscrito. La unidad de la fuerza de desarrollo que controla todo simplemente demandaba esta conclusión.

Ya en el siglo XVIII, la idea de una fuerza de desarrollo común había sugerido la unión en un concepto de las entonces todavía inciertas y muy discutidas etapas del desarrollo embrionario y ancestral. Esta idea se definió más claramente después de 1800 y no alcanzó madurez hasta la década de 1820. En esta última forma iba a explotarse todo el potencial de la idea de la recapitulación. La declaración siguiente (1821) de Johann Friedrich Meckel quien, junto con el anatomista médico francés Étienne Serres, fue el más explícito y completo de los primeros abogados de la idea de la recapitulación, epitomizaba la doctrina:

> El desarrollo del organismo individual obedece a las mismas leyes que el desarrollo de toda la serie animal; es decir, el animal superior, en su evolución gradual, pasa esencialmente a través de las etapas orgánicas permanentes que quedan por debajo de él.

Este hecho no sólo aseguraba una "estrecha analogía" entre las diferencias que separaban las diversas etapas embrionarias y aquellas existentes entre grupos animales. Revelaba, según Meckel, esa "tendencia, inherente a la materia orgánica, que la lleva insensiblemente a alcanzar estados superiores de organización, pasando a través de una serie de estados intermedios".

La fuerza de desarrollo de los filósofos naturalistas actuaba bajo una restricción importante. Dada la correspondencia entre naturaleza y mente, la manifestación real de la naturaleza (para el biólogo, el gran orden de sucesión del desarrollo de los organismos) surgiría como dictada por la mente. Ésta era una filosofía idealista y la primacía de la existencia pertenecía a la mente o a las ideas. Cada organismo o, más comúnmente, cada grupo de organismos, era la realización de una idea particular; era la realización concreta, producida en el tiempo, de un potencial intemporal que existía, eterno y sin cambios, en la mente de la Causa Primera de la Naturaleza.

Las "ideas" proporcionaban indicaciones útiles para la clasificación animal. Por ejemplo, Von Baer, distribuía a los organismos en cuatro grupos principales. Su distribución se basaba en modelos comunes de desarrollo dentro de cada grupo y ese modelo era a su vez resultado de la "esencia" o idea que gobernaba al grupo. La embriología y la clasificación animal de la primera mitad del siglo estaban influidas por esa doctrina. Los arquetipos ideales, reminiscencia de las ideas perfectas y eternas de Platón, quedaban por encima de la corriente de la naturaleza orgánica y le impartían, para quienes desearan verlo, una coherencia y una claridad lógica que la función aparentemente caótica de la fuerza generadora de todo, de la naturaleza, parecía refutar. Algunos autores posteriores, principalmente el anatomista británico Richard Owen, y el naturalista suizo Louis Agassiz, trataron de reconciliar el esquema arquetípico idealista con la concepción cristiana de un Dios creador que quedaba fuera de su creación y superior a ella. La amalgama fue difícil y no verdaderamente exitosa. La idea de arquetipos estáticos ordenados divinamente, tal vez más que cualquiera otra, hizo de Owen y Agassiz los principales oponentes de la noción de Darwin de la autosuficiencia del proceso de transformación que había producido la diversidad de la naturaleza orgánica.

Ya fuera completamente articulada o simplemente repetida *pro forma*, la doctrina de la recapitulación reapareció después de 1830 con familiar regularidad en casi todos los tratados sobre anatomía, embriología y principios generales de la historia natural. Agassiz (1807-1873), entrenado en Múnich pero trasladado a Massachusetts, donde ayudó a iniciar la instrucción académica en biología en los Estados Unidos de América, reafirmó vigorosamente la doctrina en la década de 1850. Hablaba de un paralelismo triple, llamando así la atención hacia una "relación genética" que explicaría

la semejanza del orden de sucesión de las formas vitales en el registro geológico, en el desarrollo embrionario y en las divisiones de clasificación de los organismos presentes. Aunque abusó enormemente de la concepción de la naturaleza como obra de Dios propugnada por Agassiz, Haeckel aplaudía la idea de un paralelismo de amplio espectro y, como ya se ha observado, ambos extendieron su significado y erigieron argumentos de recapitulación en un dogma focal para pensadores de la evolución. La persistente vitalidad de la doctrina de recapitulación, a pesar de la crítica más adversa, se registra en las siguientes observaciones (la quintaesencia de la especulación de un siglo) tomadas de un manual estándar de embriología de los vertebrados de 1890:

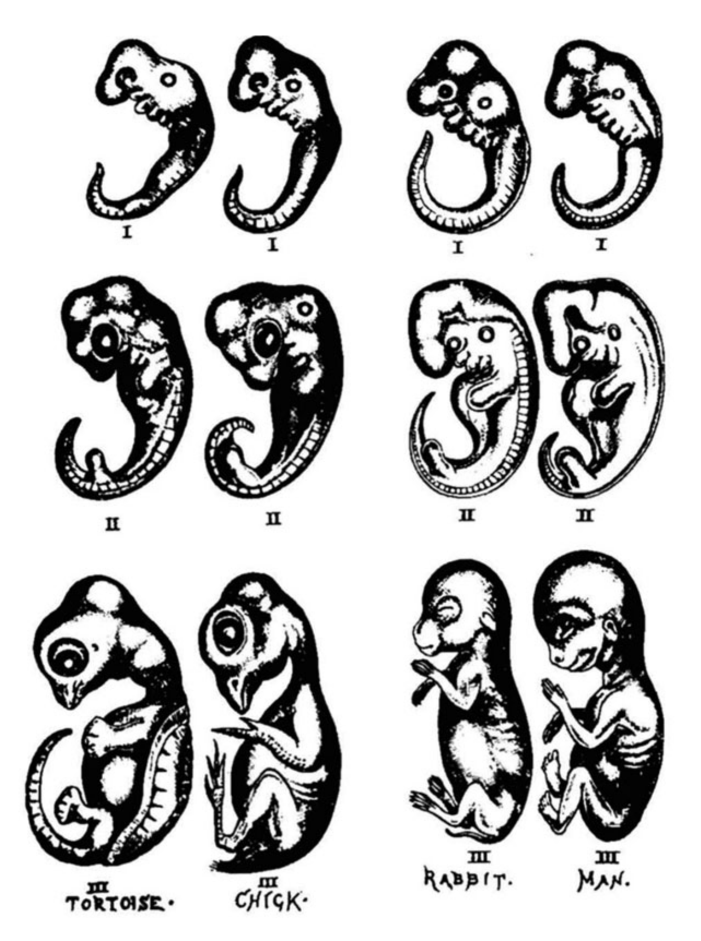


FIGURA III.6. En ninguna parte la hipótesis de la recapitulación pareció tan persuasiva como en la clase de los vertebrados. Estas asombrosas comparaciones sugirieron cuán similares eran los modelos

generales de desarrollo dentro de ese grupo. Esta última conclusión oscurece las complejas especializaciones del desarrollo que se manifiestan en cada especie y contraviene la generalización descriptiva fundamental de Von Baer acerca de que el desarrollo individual es verdaderamente una diferenciación progresiva. (George John Romanes, después de Ernst Haeckel, 1892.)

> El estudio del desarrollo nos ha […] revelado que todo animal lleva la marca de sus antepasados, y está obligado a descubrir su origen en su propio desarrollo […] La evolución nos dice que todo animal ha tenido una genealogía en el pasado. La embriología nos revela su ascendencia, porque todo animal en su propio desarrollo repite su historia, trepa en su propio árbol genealógico.

Además de sus propias declaraciones, el aspecto más notable de la doctrina de la recapitulación era su supervivencia ante la crítica inteligente. El ataque esencial fue hecho por Von Baer en 1828. La recapitulación demandaba la semejanza persistente de los embriones de todas las especies; Von Baer demostró que el desarrollo individual es, muy literalmente, una diversificación en aumento. Los embriones son similares sólo en su etapa más temprana y, por consiguiente, relativamente indiferenciada. Toda la historia del desarrollo los lleva a alejarse progresivamente unos de otros. Si éste fuera el caso y el argumento de Von Baer era seguro, ¿cómo podía proponerse racionalmente que el pollo en desarrollo, por ejemplo, tuviera que mostrar etapas embrionarias idénticas a las del pez, el anfibio y el reptil *adultos*? Ésta, por supuesto, había sido la declaración de Meckel, y Von Baer estaba poniendo en evidencia convincentemente tanto su lógica como su base.

No obstante, la historia subsecuente de la biología prueba en forma definitiva que la refutación de Von Baer, considerada ampliamente, tuvo un efecto permanente limitado. Los historiadores todavía tienen que explicar por qué fue así. Puede especularse que, hasta la década de 1850, la idea y las consecuencias del punto de vista dinámico de la naturaleza de los filósofos naturalistas (con su postulado de la unidad de fuerza y de los procesos de cambios resultantes) predispusieron a los biólogos a buscar y no someter a análisis crítico el paralelismo entre las series embrionarias y ancestrales. Después de 1859, y coincidiendo con la campaña de Haeckel, se descubrió que la doctrina de la recapitulación prometía vastas retribuciones en la difícil área de reconstruir la historia ancestral de los animales. Faltando aun series fósiles razonablemente completas o fidedignas, era mucha tentación, para quien se dedicaba a la reconstrucción evolutiva (filogenista), cambiar las etapas embrionarias de una forma superior a otra que supuestamente hubiera pasado por el orden evolutivo de sucesión principal y encontrar ahí etapas ancestrales faltantes, siendo éstas los “paralelos” postulados para las etapas embrionarias presentes y observables. Este argumento y, sobre todo, la utilidad prometida de sus conclusiones, puede explicar la prosperidad continua de la doctrina de la recapitulación en la biología durante el periodo

de la evolución.

NUEVAS AMBICIONES PARA LA EMBRIOLOGÍA

La doctrina de la recapitulación impone una unidad aparente sobre la embriología del siglo XIX.

Se declaró que, al menos desde 1860, esa doctrina era "el fundamento sobre el que se basaba [se iba a basar] la explicación de los hechos de la embriología". La fecha de 1860 era meramente una concesión a la vaguedad de la doctrina antes de haber sido aclarada por la formulación de Haeckel y luego introducida en los estudios posdarwinianos sobre la evolución. Se emprendieron investigaciones exactas y exhaustivas de las etapas de desarrollo de muchos organismos representativos en apoyo de la doctrina de la recapitulación y, en ocasiones, vigilando su refutación. Esas investigaciones hicieron hincapié en la descripción completa y cuidadosa, suponiendo confiadamente que, con la incorporación de esos informes, se obtendrían retribuciones positivas hasta lograr una arrasadora concepción de paralelismo ancestroembrionario.

Las limitaciones de este enfoque fueron más y más evidentes hacia 1875. Una década más tarde, esa crítica en voz baja se había convertido en un programa lleno de fuerza para una nueva forma de abordar los problemas del desarrollo individual. Ya no sería suficiente la explicación histórica deducida exclusivamente de la embriología descriptiva y comparada para comprender el desarrollo individual. Por consiguiente, esa comprensión debería llegar en adelante del análisis de los factores causales, lo cual implicaba esencialmente apropiarse de las técnicas fisicoquímicas y de los principios explicativos hasta entonces descuidados por los morfologistas. Se estaban poniendo los cimientos para transformar la biología en una ciencia experimental.

Wilhelm His, (1831-1904), distinguido anatomista de Leipzig y boquifresco abogado de las nuevas ideas, insistía (*Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung*, 1874)[2] en que el tema y los métodos de la investigación filogenética, queriendo indicar con esto la doctrina de la recapitulación en embriología, eran "completamente diferentes" de los de la "embriología fisiológica del individuo". Aunque His apoyaba por completo la crítica tradicional de la doctrina de la recapitulación (las etapas embrionarias y ancestrales en realidad no coinciden completa ni exactamente), estaba más deseoso de hacer destacar la completa

impertinencia de esa doctrina logrando conocimientos rigurosos y útiles acerca del desarrollo individual.

Para His, el embrión desarrollándose ante los ojos del observador era el hecho primario de la ciencia. Que ese embrión surgiera de un óvulo fecundado, que ese óvulo fecundado o huevo tuviera su origen en los productos germinales de los padres, que los padres mismos y toda la serie ancestral se produjeran así, eran hechos interesantes, pero que distraían al embriólogo y no le servían. En el análisis del desarrollo, según sugiere este bosquejo del gran continuo genético de la vida, la recreación de los antepasados era el estudio que más se alejaba del problema contemporáneo del desarrollo orgánico. Por lo tanto, no es sorprendente que His no viera en los paralelismos ancestroembrionarios contribución alguna para la comprensión de las causas del desarrollo individual. "Una serie de formas que se siguen una a otra —sostenía— en realidad no es una explicación y esto tiene que repetirse continuamente." La forma adecuada de la explicación embriológica resultaría sólo por investigación y dominio último de las condiciones fisicoquímicas inmediatas del desarrollo embrionario. "En el desarrollo orgánico no hay —en resumen— causa accidental alguna; cada proceso en particular ocupa su propio sitio peculiar y todos juntos siguen el orden de la función periódica general de la vida." La embriología tenía entonces que transformarse en una ciencia de tiempo y lugar exactamente especificados, y por lo tanto tenía que seguir del todo como lo dictaban los ideales y la práctica de la física y la química, representativos de la genuina investigación científica que se postulaba.

No se prestó mucha atención a la demanda de "morfología fisiológica" de His y hubo que redactar un programa explícito para la nueva ciencia en la década de 1880, al que después le dio publicidad Wilhelm Roux (1850-1924). Roux usó sus propios experimentos (cuyos resultados se disputaron ruidosamente) como material ilustrativo en una gran campaña para reorientar la ciencia de la embriología. Los embriólogos necesitaban, decía, una definida "pregunta en la mente" y "medios adecuados para arrancar una inequívoca respuesta a ella". Esos medios de investigación podrían tener que actuar sobre factores internos del organismo (por ejemplo, los efectos de la herencia y la variación y el estado de los líquidos fisiológicos) o en realidad podrían consistir en las circunstancias externas "ambientales" en las que el organismo se encontraba. La segunda alternativa brindaba una aceptación inequívoca al experimentalista. Por manipulación

controlada de las condiciones ambientales (perturbación mecánica del huevo o embrión; variación de la luz, temperatura, presión, reacciones químicas, u orientación en el campo gravitacional o electromagnético) el embriólogo experimental empezó a producir artificialmente y luego a codificar las múltiples reacciones del organismo en desarrollo. Tal trabajo experimental, entendido mejor en su forma más madura después de 1900, empezó con enorme rapidez hacia 1890. La embriología estaba entrando en una fase nueva y, una vez más, excepcionalmente activa. Comparable sólo con los años posteriores a 1820, cuando el trabajo descriptivo estableció la realidad del desarrollo individual, y con el periodo posterior a 1860, cuando la embriología, explotando la idea del paralelismo ancestroembrionario, compartió la prosperidad del concepto del cambio evolutivo, entonces recientemente anunciado por Darwin.

Una creencia ampliamente compartida por la nueva generación de embriólogos era el poder explicativo global y en algunos casos exclusivo de sus principios primeros. Se tenía la esperanza de que la explicación última de los acontecimientos del desarrollo se encontraría en las leyes de la física y la química. Esos numerosos embriólogos, de quienes eran representativos His y Roux, trataban de capitalizar sobre el rigor establecido desde hacía largo tiempo y la aparente certeza de las ciencias físicas. Roux, por ejemplo, aunque admitía los “complejos componentes” necesariamente presentes en todo cambio del desarrollo, y por lo tanto, la profunda oscuridad persistente del tema, se apresuraba de todas maneras a rastrear cada uno de esos cambios hasta una combinación especial de energía. Trataba de fundar la embriología sobre cimientos tan firmes como aquellos de que disfrutaban la física y la química contemporáneas y de considerar al organismo en desarrollo como un verdadero sistema físico y, por consiguiente, como blanco maduro para el nuevo análisis experimental. Pero Roux y sus contemporáneos más reflexivos reconocieron también, en vista de lo notablemente recalcitrante que se mostraba el embrión a revelar sus secretos por cualquier forma de técnica analítica, que la satisfacción completa de ese objetivo era para el futuro y no para el presente. Por consiguiente, el embriólogo tenía que concentrarse exclusivamente en su trabajo experimental, ideándolo según sus mejores procedimientos de las ciencias físicas y tratando siempre de obtener conocimientos respecto al proceso del desarrollo que pudieran incorporarse en un esquema más amplio, más crítico o mecanicista de las cosas.

Ese objetivo difería del de los primeros epigeneticistas. Chocaba

fuertemente con el llamado final de Von Baer a una "esencia" reguladora del animal en desarrollo y con la creación hecha por otros de fuerzas definidas, aunque no demostrables, peculiares del proceso de desarrollo individual. La creencia mecanicista de Roux proporcionaba también un arma con la cual vencer a los vitalistas de su época (especialmente a Hans Driesch), cuyas sorprendentes publicaciones, que empezaron a aparecer a mediados de la década de 1890, ofrecían credenciales científicas plausibles a los vitalistas de todos los credos. Esas publicaciones llevaron a la embriología y a la biología hasta el nuevo siglo y no pueden examinarse aquí. Sin embargo, recuerdan las aspiraciones cambiantes de los estudiosos del desarrollo individual del siglo XIX. Probar las declaraciones de la epigénesis y encontrarlas sensatas había llevado directamente al ascenso de la embriología descriptiva y luego al de la comparada. Virtualmente al mismo tiempo llegó la primera declaración (más una demanda que una demostración) del paralelismo ancestroembrionario. La teoría darwiniana de la evolución revivió esa doctrina, lo que a su vez provocó una proliferación hasta entonces nunca vista de investigación y especulación embriológicas. Los objetivos especialmente históricos de esta escuela fueron, sin embargo, vehementemente rechazados por la nueva escuela de los morfologistas causales dirigidos por His y, sobre todo, por Roux. Como no pudo proporcionar una explicación causal del desarrollo, en la forma anotada antes, esos hombres negaron tanto la pertinencia como el interés de virtualmente toda la investigación embriológica anterior. Esa periodicidad de las actitudes del siglo XIX hacia el desarrollo orgánico e individual se deriva, por supuesto, de diversos objetivos para la ciencia, formulados explícitamente. Pero, con o sin tales cargos públicos y exigentes, la gran tarea de la descripción embriológica progresó espectacularmente durante el siglo. Habiéndose convencido de que el desarrollo individual era real y no sólo una mera apariencia, se había abierto el camino a la descripción de este proceso virtualmente en todas las formas de vida accesibles. La creencia en la realidad del desarrollo, ocasionada tanto por el trabajo descriptivo anterior como por la extendida convicción del potencial dinámico de la naturaleza, fue en gran parte lo que llegó a hacer de la embriología la preocupación central y la principal actividad de la biología del siglo XIX.

IV. TRANSFORMACIÓN

AUNQUE las materias peculiares de la historia natural introdujeron y definieron ampliamente el problema de la especie biológica, las ramificaciones de este problema se extendieron a otras áreas importantes de interés humano y de larga duración. Entre los científicos, fue el geólogo quien habló en forma más pertinente al naturalista reflexivo del siglo XIX. Además, ese naturalista se había vuelto mayor de edad en una sociedad predominantemente cristiana. Entendía y, con mayor frecuencia, aceptaba el concepto cristiano tradicional de un Dios creador, uno cuyo providencial interés en sus criaturas podría interpretarse diversamente, pero nunca disminuirse ni negarse. La historia natural obtuvo grandes beneficios así como se creó obligaciones definidas por esa estrecha asociación con los intereses teológicos, particularmente en Gran Bretaña.

El problema de la especie fue definido claramente y captó la mayor atención del naturalista sólo a medida que el siglo avanzaba. Simultáneamente al reconocimiento de la diversidad de la naturaleza orgánica, llegó el darse cuenta de la relación fundamental entre las numerosas subunidades dentro de la enorme totalidad de los organismos individuales infinitamente diversos, fuera esa relación de forma, comportamiento, fertilidad o situación ambiental. Tales subunidades o “especies” de plantas y animales, aunque delineadas, planteaban imperiosas preguntas. El origen de las especies y la distinción entre ellas podrían asignarse a causas sobrenaturales o naturales. Puede no haberse creído en la estabilidad de las especies a través de generaciones y haberse puesto en duda la sabiduría convencional con respecto a su supuesta fijeza. Si las especies de veras tenían una historia, quizá podría recuperarse. Aun cuando fuera inesperado o indeseable, una especie en realidad podría dar lugar, por transformación a través del tiempo, a otra relacionada pero esencialmente distinta y este proceso podría repetirse virtualmente *ad infinitum.* Esta pregunta y otras relacionadas con ella constituyen el problema de las especies. También registran el penetrante sesgo histórico que llegó a predominar en la discusión del problema de las especies y sugieren los

términos en que la consideración del transformismo de las especies fue modificándose hasta llegar a ser una teoría completamente articulada de la evolución de las formas de vida en la superficie de la tierra.

INTERESES Y COMPLICACIONES TEOLÓGICOS

Ningún aspecto de las proposiciones evolucionistas de Darwin provocó mayor interés o furor que las intimaciones que arrojaron sobre la condición biológica y moral del hombre. El lugar del hombre en la naturaleza y, lo que era más importante, su relación con su Creador había sido durante mucho tiempo un tema de intensa atención teológica. A medida que los ataques a la visión cristiana del hombre y, de hecho, a la creación misma, aumentaron aún más ferozmente a partir de mediados del siglo XVII, el teólogo tuvo mucho cuidado al valorar y promulgar de nuevo su doctrina. De los muchos temas que surgieron, los problemas interrelacionados son del mayor interés para el historiador de la doctrina evolucionista.

El Dios creador era, en efecto, el gran artífice tan amado por los apologistas deísticos del siglo XVIII. Pero era más, mucho más. No sólo dio existencia a las cosas; su poder para hacerlo así siempre fue guiado por su suprema sabiduría y su bondad consumada. Aunque ésas eran cualidades humanas, en su manifestación divina se convirtieron en características absolutamente peculiares de él. El hombre, después de todo, sólo estaba hecho a su semejanza. Además sufría por la mancha del pecado. Dios creaba; no era él mismo parte de la creación. El universo y todas las criaturas (naturaleza) eran, por lo tanto, artefactos de Dios y asimismo agentes e índices de su gran designio. Por consiguiente, todo lo que existía servía como claro testimonio del providencial interés de Dios en su creación y su no identidad fundamental con su creación. Ahí había un argumento imperativo de la causalidad verdaderamente sobrenatural que había creado este mundo y supuestamente lo conservaba en su curso.

El teólogo también hacía hincapié en el valor instructivo y moral del estudio de la naturaleza. El libro de la naturaleza venía en segundo lugar, superado sólo por la Biblia como guía hacia lo divino. La teología natural, nunca ausente en el pensamiento cristiano, prosperó enormemente entre 1650 y 1850, aproximadamente. Era, decía Francis Bacon, “esa chispa del conocimiento de Dios que puede tenerse por la luz de la naturaleza y por consideración de las cosas creadas”. Su objetivo era divino; su tema era

natural. Del microscopista Jan Swammerdam (1637-1680) al reverendo William Paley (1743-1805), del gran naturalista John Ray (1627-1705) al geólogo apologista William Buckland (1784-1856), generaciones de naturalistas describieron ejemplos de la sabiduría y el poder divinos en la naturaleza. Al estudiar las plantas y los animales uno aumentaba su conocimiento de la naturaleza y simultáneamente glorificaba al creador de la naturaleza. Hacia 1800 la práctica había avanzado mucho. Se hacía hincapié en la perfección relativa del organismo y se ignoraban ampliamente sus imperfecciones. El "propósito" del organismo tenía que establecer las condiciones por las cuales esa criatura podía existir, prosperar y reproducirse. Tal propósito, que hacía manifiesta la intención de Dios, abarcaba la exquisita armonía de las partes del cuerpo entre sí y con las funciones a las que servían, el ajuste del organismo a su ambiente y la providencial provisión de plantas y animales particulares para todo deseo o placer del hombre.

Hacer hincapié en el propósito y la perfección (según la lograba el creador) distraía la atención, si no es que realmente la negaba, de la autosuficiencia del hombre o de la naturaleza para producir entre los organismos grados equiparables de excelencia. La naturaleza viva revelaba cómo había actuado la voluntad de Dios, ya fuera en el momento de la creación o, como aconsejaban algunos modernistas, como parte de un programa continuo de creación. La existencia del organismo y de las especies no podía tener otra explicación. La idea de cambio en y por la naturaleza era, obviamente, completamente ajena a la teología natural. Allí estaba lo esencial del asunto. En cualquier modo que Dios prosiguiera su curso (la omnipotencia no conoce restricciones), él y todos los teólogos y píos naturalistas que creían en él no concebían ni divorcio ni unificación entre el creador y la creación. El primero llevó a la no pertinencia de Dios y al materialismo, y la segunda a que Dios dejara de ser otro y al panteísmo. Ambos tenían que ser condenados gravemente. El hecho de que las plantas, los animales y el ser humano dependieran, pues, en forma última, de una causa sobrenatural, ya fuera al principio o para su conservación desde entonces, fue el tema central de la discusión sin límites respecto a la evolución y la teología, que empezó mucho antes de Darwin y continúa hasta nuestros días.

La contribución positiva de la teología natural a la historia natural y científica requiere especificación. El teólogo naturalista, al estudiar el

designio de la naturaleza, examinaba y describía cuidadosamente la adaptación orgánica, un término que más tarde iba a adquirir significado evolucionista técnico. Nuestro principio guía, escribió Charles Bell (1774-1842), un sobresaliente anatomista y teólogo naturalista, es el de que

> hay una adaptación, una relación establecida y universal entre los instintos, la organización y los instrumentos de los animales por una parte y el elemento en el que van a vivir, la posición que van a conservar y sus medios para obtener alimento por otra; y esto se aplica tanto a los animales que han existido como a los que existen ahora.

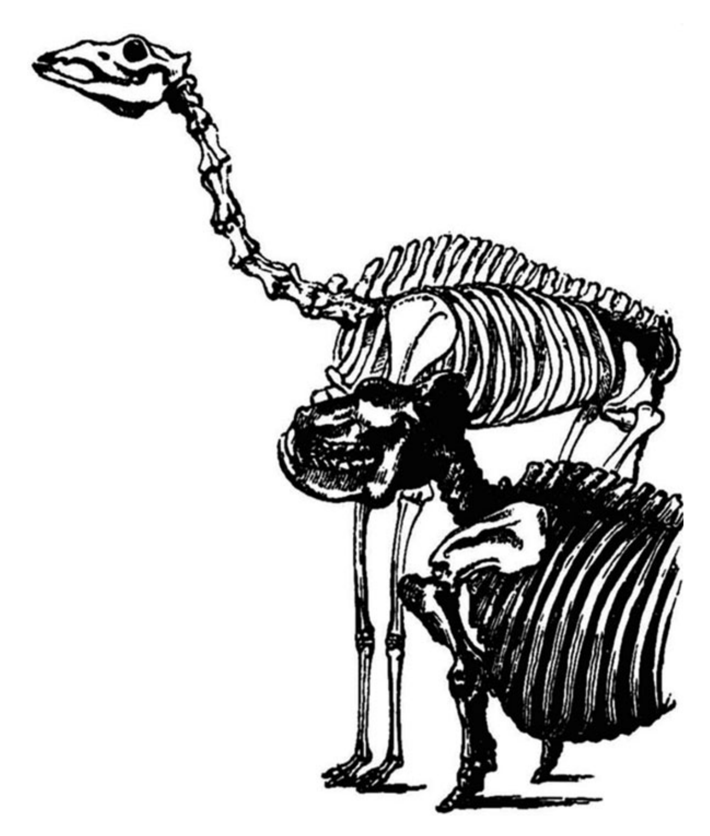


FIGURA IV. 1. Ilustración de un anatomista acerca de la adaptación de la estructura orgánica a las condiciones de la existencia, relación establecida por sabiduría y poder creativos: “Tenemos aquí un bosquejo de los esqueletos del hipopótamo y del camello, según quedaron en contraste accidentalmente. La cabeza del hipopótamo es de gran fuerza y peso y está conectada a un cuello corto; en lo corto de las piernas vemos también la correspondencia que hemos tenido ocasión de observar entre la posición de la cabeza y la altura del tronco a partir del suelo. El camello es, en todo respecto, un contraste. Debe tener rapidez y facilidad de movimiento; eso se asegura por la longitud de las extremidades; y, en armonía con las patas, están la longitud del cuello y la ligereza de la cabeza […] el hipopótamo, por otra parte, busca su seguridad en el agua y tanto su forma tosca como su peso son adecuados para ese elemento”. (Bell, 1833.)

Bell indica aquí la crítica relación entre el organismo y su ambiente. El perezoso, con brazos largos, garras monstruosas y una marcha miserable había provocado la “compasión” de muchos filósofos. Bell declaró que tal actitud era absurda. Resultaba por no tomar en consideración al perezoso en su “sitio natural”, es decir, en lo alto, entre las ramas de los árboles, donde alimento, albergue y seguridad eran suyos. Sitio natural significaba adaptación, el ajuste adecuado de la estructura y la función orgánicas al

ambiente físico y biológico en el que se encontraban el organismo y la especie. La adaptación podía explicarse por previsión creadora o por procesos naturales. La primera era la solución de Bell, y la segunda, la de Darwin. Sin embargo, la adaptación era indispensable para ambos naturalistas y ofrecía uno de los hechos prominentes así como de los problemas más difíciles de toda la historia natural.

El auge de la geología

El interés en la estructura de la superficie de la tierra maduró rápidamente durante el siglo XVIII. Se describieron los estratos minerales y se establecieron los órdenes de sucesión probables de tales estratos. Usando evidencias y una superabundancia de reconstrucción imaginativa, numerosos autores se volvieron a la creación de teorías respecto a la Tierra, uno de cuyos objetivos principales era el de asignar agencias causales a los procesos que guían la formación y la distribución de los estratos geológicos. La geología pronto se enfocó en el cambio; se convirtió en la ciencia histórica por excelencia. Hacia 1800 se habían definido dos agencias geológicas principales y cada una atraía a defensores apasionados.

La escuela dirigente, la de los neptunianos, postulaba la abrumadora importancia del agua, refiriéndose generalmente al mar. A partir del océano primordial se precipitaron (por medios siempre oscuros) todos los estratos minerales y se asentaron en el orden adecuado. Las erupciones del mar, siendo súbitas y violentas, podrían explicar también las muchas pruebas (cantos rodados transportados, excavación de valles, estratos perturbados y remanentes fósiles) de los principales cambios de la superficie de la Tierra. El diluvio mosaico se identificaba comúnmente como la más reciente de esas revoluciones.

No obstante, la posición del vulcanista, enunciada en su forma más completa por James Hutton alrededor de 1790, argumenta que el calor central de la tierra y las presiones internas actuaron sobre los estratos sedimentarios, los transformaron y en ocasiones los desplazaron. Los cambios de la superficie eran estrictamente resultado de agencias conocidas (erosión eoliana e hídrica, hielo y derrumbes de tierra) y de la actividad volcánica. El sistema huttoniano tomó como su premisa la regularidad inviolable de las leyes de la naturaleza; la inclinación neptuniana por las catástrofes geológicas revelaba su preferencia por la ocasional e incluso frecuente

suspensión o alternación de las regularidades de la naturaleza supuestamente conformes a las leyes. De la insistencia de Hutton en la regularidad conforme a la ley como clave de la historia de la Tierra, surgió la famosa doctrina del uniformitarianismo, la base de la geología moderna. Sólo podemos deducir legítimamente las agencias del pasado a partir de las agencias presentes; entre el presente y el pasado (y ojalá, el futuro) existía, según lo declaraba la terminología contemporánea, una "analogía", que a menudo se tomó tan en serio como para llegar a ser una identidad. "Al examinar las cosas presentes", decía Hutton al exponer sus principios:

> tenemos datos a partir de los cuales podemos deducir lo que ha sido; y, a partir de lo que fue en realidad [aquí una apología por el estudio del pasado geológico], tenemos datos para llegar a conclusiones con respecto a lo que va a suceder de ahora en adelante.

Suponiendo, por consiguiente, que las "operaciones de la naturaleza sean equiparables y constantes" se puede crear una norma con la cual medir el tiempo geológico y las velocidades de cambio. Todas las pruebas indicaban la increíble lentitud de tal cambio y la consecuente enormidad del tiempo que había transcurrido desde la formación de la Tierra, es decir todo el periodo durante el cual habían estado ocurriendo cambios discernibles en la superficie de ésta. "El tiempo —decía Hutton— es para la naturaleza infinito y como nada" y pocos uniformitarianistas, sino es que ninguno, se molestaban en disentir de esta opinión.

Puede decirse honradamente que, desde alrededor de 1750 en adelante, la estimación hecha por el hombre del tiempo geológico transcurrido demostró ser perennemente dilatable, lo cual revolucionó su concepto de la Tierra, sus cambios, su concepto del lugar de las plantas y los animales y, lo que es aún más importante, el del ser humano en la naturaleza. La posición cristiana tradicional defendía la veracidad literal del relato mosaico de la creación, un acontecimiento cuya antigüedad seguramente no sobrepasaba los 6 000 años. El libro del Génesis y la geología se irguieron juntos en apoyo mutuo hasta muy avanzado el siglo XIX pero no sólo porque el compromiso y las lecturas de las Escrituras, más y más imaginativas, parecieran aceptables. Los geólogos no bíblicos tendían a concentrarse exclusivamente en las pruebas mineralógicas y paleontológicas. La estimación en 180 000 años de la edad de la Tierra, hecha por Buffon, cedió su puesto al lapso sin límites de Hutton y a la cifra de 300 millones de años, reconocidamente excesiva (y no comprobada) de Charles Darwin. Hacia 1850 los biólogos que estaban

atentos a la transformación orgánica, sintieron que tenían tiempo en abundancia; el tiempo había dejado de ser una restricción decisiva en su reconstrucción del pasado y en la búsqueda del mecanismo del cambio evolutivo necesariamente lento. Sin embargo, su satisfacción se veía amenazada por los físicos de la época posdarwiniana.

El uniformitarianismo estricto, ya fuera el de Hutton, ya el de su mayor y más riguroso abogado, Charles Lyell (1797-1875), no fue un padre directo de la evolución biológica. El uniformitarianista defendía un siglo de cambio infinito, una repetición perpetua de destrucción y reconstitución geológica. Esto no ofrecía el desarrollo ni la aparición de novedad genuina. Era la calidad (regular y sin mayor cambio de grado) y el modo de acción (gradual y generalmente imperceptible) de causas uniformes lo que influyó tan poderosamente en los evolucionistas, en forma más notable a Alfred Russell Wallace y a Darwin. Los teóricos evolucionistas, ya fueran especulativos u orgullosamente inductivos, impondrían sobre la naturaleza su propia concepción de dirección o progreso. Por consiguiente, el avance obtendría importancia y asimismo procedería según las fuerzas uniformes.

Cuadro en que se muestra el orden de superposición o sucesión cronológica de los principales grupos europeos de estratos sedimentarios y fosilíferos

Periodos y Grupos	Nombres de los miembros principales y naturaleza mineral de la formación, en países en los que se ha estudiado más.		Algunas de las localidades donde ocurre la formación.
	Los depósitos de este periodo están en su mayor parte ocultos bajo lagos y mares existentes		
I. Periodo reciente	A. Lechos consolidados con arena y grava *(a)*, calizas de travertino *(b)*, areniscas calcáreas con conchas rotas *(c)*, areniscas coralinas consistentes en corales, conchas, etc. *(d)*, caliza compacta *(e)*.		*a.* Delta del Ródano. *b.* Tívoli y otras partes de Italia. *c.* Playa de la Isla de Guadalupe. *d.* Arrecifes de coral en el Pacífico, etc. *e.* Bermudas.
Plioceno reciente	B. Marinos de Caliza, arenas, arcillas, areniscas, conglomerados, margas con yeso; contiene fósiles *marinos (a)*.	De agua dulce. Arenas, arcillas, areniscas, lignitos, etc.; contienen fósiles de *tierra* y de *agua dulce (b)*.	*a.* Sicilia, Isquia. *b.* Colle, en Toscana

II. PERIODO TERCIARIO	Plioceno lejano	C. *Mara subapenínica, arena amarilla subapenínica,* "despeñadero" *inglés* y otros depósitos como en B.; contiene fósiles *marinos (a).*	Depósitos similares a los de B.; contienen fósiles de *tierra* y de *agua dulce (b).*	a. Formaciones subapenínicas, Perpiñán, Niza, Norfolk, y Suffolk. *b.* Cerca de Siena, etc.
	Mioceno	D. *Calizas del Loira* y otros depósitos que varían en su composición mineral, como en B. y en C.; contienen fósiles *marinos (a).*	Depósitos similares a los de B. y C.; contienen fósiles de *tierra* y de *agua dulce (b).*	*a.* Turena, Burdeos, Valle de Bormida, Superga, cerca de Turín, cuenca de Viena. *b.* Saucats, 12 millas al sur de Burdeos.
	Eoceno	E. *Calcáreo burdo (a), arcilla de Londres,* arenas, areniscas; con fósiles *marinos (b).*	*Calcáreo silíceo:* arenisca y conglomerados, marga roja, margas verdes y blancas, caliza, margas cretáceas; con fósiles de *tierra* y de *agua dulce (c).*	*a.* Cuenca de París *b.* Cuencas de París, Londres y Hampshire, Isla de Wight. *c.* Cuenca de París, Isla de Wight, Auvernia Velay, Cantal.

FIGURA IV.2. La apreciación de un orden de sucesión histórico generalizado de estratos geológicos se basó en las características mineralógicas de lechos sedimentarios y en la naturaleza de las muestras fósiles incluidas en ellos. La correlación y la presentación sistemática de estas pruebas, particularmente del periodo terciario, fue una de las principales contribuciones de los principios de geología de Lyell (primera edición, 1830-1833), una obra que presentaba también en su forma más rigurosa la concepción uniformitarianista de las fuerzas del cambio geológico. (Charles Lyell, 1835.)

Los geólogos del siglo XVIII habían estudiado no sólo las masas minerales sino también los restos orgánicos fósiles. La descripción y la interpretación sistemática de los fósiles habían empezado en París alrededor de 1800 con Georges Cuvier (1769-1832), quien trabajó con vertebrados extintos, y Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829), un estudioso de las conchas marinas fósiles. Su trabajo introdujo un siglo de actividad y descubrimientos paleontológicos extraordinarios. La paleontología representaba un auxiliar invaluable para el geólogo; su lección para el historiador de la vida era menos clara e invitaba a la acalorada controversia. Las regularidades de la distribución, tanto vertical como horizontal, de los fósiles particulares, en formaciones de estratos específicas, sugirieron rápidamente la posibilidad de que los fósiles podrían servir como indicadores admirables de esas formaciones, dondequiera que pudieran ocurrir geográficamente. En la escala vertical, los fósiles se transformaron en el más valioso de todos los indicadores temporales. Pero el tiempo del que informaban era estrictamente relativo, no absoluto. Por sí mismos podían simplemente indicar el orden de sucesión de los estratos y así el supuesto orden de sucesión de la formación de los estratos y tal vez la duración de ese periodo formativo.

Para el geólogo, el registro fósil era, por lo tanto, una gran ventaja. Para el biólogo, ese registro planteaba más problemas de los que resolvía. Hacia mediados del siglo XIX, se habían descrito grandes números de formas fósiles y se les había asignado un lugar en la que parecía ser una razonable sucesión histórica general de la vida en la Tierra. Sin embargo, lo que parecía razonable para algunos era del todo insuficiente para otros. Aunque la indudable sucesión o progresión llevaba siempre hacia arriba, hacia formas más complejas o "superiores" (el ser humano), el orden de sucesión estaba interrumpido por numerosas brechas intolerables para el evolucionista categórico. Lo incompleto del registro fósil recuperado, en el que aún faltaba un registro histórico relativamente lleno de cualquier grupo principal, era una verdadera maldición para el transmutacionista. Sabía que la vida había tenido un pasado, que, sin embargo, permanecía más allá de su alcance. Esto era así particularmente para la evidencia paleontológica crucial de permitir la transformación de una especie dada en otra. Las fechas en el registro de fósiles parecían ser la confirmación decisiva de una *visión catastrofista* del cambio geológico. Pocos paleontólogos antes de 1859 no eran antievolucionistas ardientes y Darwin mismo fue obligado a dedicar parte importante de *El origen de las especies* a considerar las imperfecciones del

registro geológico.

Pruebas y mecanismos de la transmutación evolucionaria

La discusión técnica del problema de las especies era, a pesar de su obvio interés para el teólogo y para el hombre educado, un tema para naturalistas. Su interés estaba en la diversidad de la naturaleza orgánica y los méritos, las limitaciones y la rica sugerencia de los sistemas empleados para dar orden a la naturaleza. Sus conclusiones llevaron directamente, por supuesto, a la cuestión de si las especies biológicas eran eternas y venían directamente de la mano del Creador o si se producían secundariamente, ya fuera según los dictados de Dios conformes a la ley o según la poderosa autosuficiencia de la naturaleza. Si se producían, los medios de producción —el proceso de transmutación o de evolución y su(s) mecanismo(s)— tenían que descubrirse y entenderse. Esa búsqueda estaba imbuida completamente del ideal de la explicación histórica y, para todos los fines de referencia temporal, el naturalista se volvía confiablemente a la ciencia de la geología en maduración.

Las relaciones dentro y entre grupos grandes y pequeños de organismos, relaciones mucho más notables debido al aspecto de irreductible diversidad que asombra al principio al observador no iniciado, llegaron a constituir el hecho principal y el problema más vívido en la historia natural. Interesaban dos áreas de estudio especialmente. La primera, la clasificación de plantas y animales, se fundó en la Antigüedad y se desarrolló con ardor en el transcurso del siglo XVIII. El ideal de la ciencia era la clasificación natural, una que representara tan auténticamente como fuera posible las relaciones reales entre organismos de la naturaleza (en contraste con los sistemas artificiales, que empleaban caracteres arbitrarios y escasos y buscaban principalmente la conveniencia clasificadora). Al inquirir hacia ese ideal, el naturalista refinaba más y más sus categorías clasificadoras. Los grupos antiguos y mal definidos se deshicieron y se volvieron a definir en categorías más naturales. La notoria unidad miscelánea de los *gusanos* desapareció para dar lugar a las subdivisiones principales de los invertebrados. Los anfibios fueron separados de los reptiles y los percebes de los moluscos. Se delinearon y se exploraron más las principales familias de plantas. Ése fue el tipo de trabajo paciente que pedía Joseph Hooker, el maestro de la botánica

inglesa del siglo XIX: “para el aprendiz de historia natural, todas las plantas similares pueden haber tenido un solo origen, pero todas las plantas no similares tienen que haber tenido orígenes disímiles”. La experiencia familiar confirmó la primera posición pero sólo “años de observación” pudieron comprobar que la segunda no siempre resultaba verdadera. En eso consistía la ronda diaria del verdadero naturalista.

El progreso en la clasificación expuso aún más completamente la red de interrelaciones que constituye la naturaleza orgánica. La existencia de la providencia crecía a diario, porque el creacionista riguroso suponía que toda especie era producto de la atención individual de Dios. La revelación de lo intrincado y lo interconectado de la naturaleza podía servir ya fuera para glorificar más el poder y la sabiduría trascendentes del creador, ya para obligar al observador interesado a traspasar los límites de la justa razón e incluso de la credulidad. Se observó cuán desconcertante era la cantidad de energía creativa que este mundo nuestro parecía tan necesariamente haber recibido. Era una expresión proclamada por el devoto, pero también útil para el escéptico.

El estudio de la distribución de las plantas y los animales aportó pruebas aún más notables que mostraban el modelo de la naturaleza. Diversos intereses habían llevado a los exploradores europeos a todos los rincones del globo y entre las riquezas con las que regresaron a casa estaban, no en último lugar, abundantes muestras de plantas y de animales. Además, esos objetos se estudiaban en el campo y se preparaban detallados informes sobre ellos. El estudio biogeográfico explícito empieza sólo alrededor de 1750. Se discernieron pronto regularidades significativas en la distribución de los organismos: la relación existente entre la flora y la fauna en islas de archipiélagos; el remplazo gradual de las formas de vida predominantes, a medida que se atraviesa una gran masa de tierra continental; las notables peculiaridades de poblaciones vegetales y animales limitadas entre sí como formas por características superficiales prominentes; las zonas distintivas de vida montañosa que parecían ser función de la altura, y otros numerosos casos.

Esos modelos demandaban una explicación. Lyell vio claramente que la distribución vegetal y animal se relacionan íntimamente con las condiciones de la superficie. La geología enseñó que estas últimas cambiaban lenta pero constantemente; la comprensión biogeográfica tenía, por lo tanto, que emitir sus respuestas en términos de cambio. Las especies se propagarían en forma

más o menos amplia a partir de centros de creación, siempre sujetas a las condiciones ambientales.

> La posibilidad de la existencia de una cierta especie en una localidad dada —escribió Lyell (1832) —, o de que pueda medrar más o menos dentro de la misma, está determinada no sólo por la temperatura, la humedad, el suelo, la altura y otras circunstancias de tipo similar, sino también por la existencia o la no existencia, la abundancia o la escasez de un conjunto particular de otras plantas y animales en la misma región.

La distribución de las especies y en realidad de todos los grupos biológicos está sujeta, por consiguiente, a vicisitudes múltiples y extremas. El argumento de Lyell mostró que tal distribución es en mucho, si no es que del todo, consecuencia de los acontecimientos históricos. La existencia de modelos geográficos y los peculiares hechos relacionados con algunos de esos modelos se convirtieron en la piedra angular para las teorías evolucionistas tanto de Wallace como de Darwin. Lyell mismo era un moderado creacionista que rechazaba la mutabilidad de las especies y por lo tanto asignaba el plan último de la naturaleza a su creador. Este punto de vista prevaleció entre los naturalistas hasta 1859, pero no fue exclusivo. Sin embargo, ninguna prueba confirma tan completamente el hecho del cambio evolutivo como la de la biogeografía y ninguna prueba deriva tan ampliamente su explicación moderna de esa misma doctrina.

Esas pruebas de la descendencia evolutiva que se acumulaban adquirieron completo significado sólo después de la publicación de *El origen de las especies* (1859). La discusión al inicio del siglo XIX sobre la doctrina de la transmutación fue esencialmente especulativa. La clasificación de las pruebas por descendencia con modificación fue un tema secundario para los autores preocupados por los ostensibles mecanismos causales de la transmutación de las especies. En la base de tal especulación, que va a ilustrarse aquí mediante los puntos de vista del distinguido naturalista francés Lamarck y los que se encuentran en el doctrinario *Vestigios de la historia natural de la creación* (de Robert Chambers, pero publicado en forma anónima en 1844), estaba la completa lealtad a la explicación histórica y la certeza de que tal explicación no era sólo una norma mental, sino una verdadera representación de los procesos naturales. "Existe a través de todo el universo —afirmaba Lamarc — una asombrosa actividad que ninguna causa puede disminuir y todo lo que existe parece sujeto constantemente a cambio necesario." Por consiguiente, en la naturaleza realmente no existen cosas como familias, órdenes, géneros o especies constantes de plantas o animales. Toda existencia es nada más

eterna transformación, una vasta corriente de cualidades que desaparecen y entidades inestables. Incluso las categorías clasificadoras se disuelven ante el insistente dinamismo de la naturaleza.

El notable esquema evolucionista de Lamarck postulaba entonces el mecanismo por el cual ese cambio impregna al mundo orgánico. Elaborando una forma característica del materialismo del siglo XVIII, Lamarck unió la vida y la materia por medio de la acción de fluidos sutiles (calor y luz) y dotó así a la materia de “actividad”. La actividad hacía que el organismo reaccionara al ambiente. Según cambiaba el ambiente, así cambiaba el organismo, recibiendo todo el proceso parámetros fisiológicos y psicológicos elaborados. Por consiguiente, las fuerzas transformadoras esenciales eran las “circunstancias favorables” y el “tiempo”, actuando sobre el organismo maleable; no había límites para el tiempo y las circunstancias eran siempre cambiantes. Lamarck era un categórico uniformitarianista teológico.

La noción del cambio que impregnaba todo explicaba para Lamarck los muchos y evidentes comienzos a partir de una escala progresiva unilinear de las criaturas vivas. Esa escala (*scala naturae* o gran cadena del ser) se derivaba de la noción platónica de la plenitud cósmica y de la doctrina aristotélica de las jerarquías. Integrada armoniosamente en el pensamiento cristiano, presentaba al hombre como el término medio en una gran serie de existencias que iban desde la naturaleza inorgánica, pasando a través de las plantas y los animales superiores y llegaban más allá del hombre, hasta el dominio celestial de los ángeles y hasta Dios el creador. Aunque mostraban la debida reverencia hasta los términos más completos, los naturalistas experimentaban la mayor fascinación por las aparentes armonía y simetría de la escala aplicada a representativos mundanos de los reinos orgánicos. La escala de la naturaleza dominó el pensamiento biológico del siglo XVIII. Podía considerarse ordinalmente (es decir como completa y estática en el presente) o temporalmente (es decir como plan del creador que se va desplegando para su creación). Este último aspecto se fue haciendo más y más popular y presenta una relación obvia con el ideal de la explicación histórica y con la mera noción de transformación orgánica.

Las escalas temporal y ordinal, en su forma rigurosa, postulan el ascenso inmutable e ininterrumpido de la vida. Sin embargo, los duros hechos de la historia natural confunden esta idea. El sistema de clasificación de Cuvier hizo pedazos todas las aspiraciones respecto a una escala ordinal; el concepto de las influencias ambientales de Lamarck fue designado para explicar los

reconocidos comienzos a partir de la escala temporal ideal. Tales comienzos existían y ya no podían negarse. Lamarck esperaba preservar la idea de una progresión generalizada de las formas de vida y simultáneamente tomaba en cuenta la especialización y la manifiesta adaptación a las circunstancias de la gran gama de especies vegetales y animales. Mientras que los juicios contemporáneos sobre su mecanismo de transmutación eran casi uniformemente negativos, la exposición de ese mecanismo señala una vez más la función crítica que las relaciones entre organismo y ambiente desempeñaron en la aparición de la doctrina evolucionista. Parece que ningún naturalista serio ha quedado nunca contento con la diversidad inexplicada de la naturaleza.

Lamarck enunció esta doctrina por primera vez en 1800, la amplió en 1809 *(Philosophie Zoologique)*[1] y la llevó a su desarrollo completo en 1815. Lamarck era un soberbio y renombrado botánico y zoólogo. Sin embargo, sus escritos especulativos encontraron ojos que no veían o críticos malhumorados. La evidencia concreta que favorecía su esquema era cuando mucho mínima. Además, sus premisas demandaban la fe de un metafísico, no la supuesta imparcialidad de observación del científico. Lo peor de todo fue que Lamarck perpetuó el dogma estrechamente relacionado con el radicalismo de la Ilustración, en un periodo de reacción conservadora, política e intelectual, de proporciones masivas y que abarcaba a toda Europa.

Empero, aunque callada o disimulada, su voz era la del partidario evolucionista del periodo predarwiniano. "Poco a poco —había dicho— la naturaleza ha logrado formar los animales tal como los vemos ante nosotros." A la diversidad orgánica se le asignó indudable causalidad natural. Los críticos conocían bien a su enemigo. Lyell consideró adecuado dedicar todo un volumen a refutar la doctrina de Lamarck; Buckland insistió en que el registro paleontológico simplemente contradecía la suposición lamarckiana; Edward Hitchcock, un eminente geólogo y clérigo estadunidense, debatió *à propos* de Lamarck que el "acaecimiento de los acontecimientos conforme a la ley no suprime la necesidad de un poder divino ideador, supervisor y sostenedor".

Sin embargo, el clamor sobre la hipótesis de la transmutación no se elevó por completo sino hasta la década de 1840. *Vestigios* fue tanto principal testamento como inspiración mayor del acalorado y de ahí en adelante público debate sobre el problema de las especies y sus amplias y serias ramificaciones morales y sociales. *Vestigios* es una obra extraña, ecléctica y

dogmática. Su autor trataba de rastrear el desarrollo de todas las cosas, desde las nebulosas cósmicas hasta los animales y el hombre, y asignaba todo eso a la "sublime simplicidad" de la ley. El creador era, cuando mucho, una causa primera indistinta y no interesante. En temas de evolución orgánica, *Vestigios* reproducía ampliamente a Lamarck. El argumento científico y la supuesta evidencia en el libro fueron percibidos como ultrajantes incluso por quienes lo leían con simpatía. Los lectores hostiles, como Darwin, encontraron "mala" la geología y "mucho peor" la zoología. La gran influencia del ampliamente leído *Vestigios* surgió no de sus méritos científicos, sino de su exposición rigurosa y fácilmente comprensible de los temas evolucionistas esenciales. Cuestiones como la idea del cambio de gran alcance en la naturaleza (orgánica), una causa natural posible si no plausible de ella, la evidente falta de pertinencia de las Escrituras para interpretar esos fenómenos y el sitio del hombre en la naturaleza, no eran nuevas y la exposición de Chambers contribuyó poco a resolverlas. Pero *Vestigios* provocó que esas materias fueran examinadas tanto por el naturalista como por el no naturalista. El problema de las especies entró al foro para consideración inteligente y, ciertamente, en ocasiones insensata. Ahí se quedaría en el transcurso del siglo; *El origen de las especies* de Darwin aumentaría grandemente su notoriedad y urgencia y estimularía con calor la esperanza en solucionarlo.

DEL ORIGEN DE LAS ESPECIES POR MEDIO DE LA SELECCIÓN NATURAL

Esta frase fue la primera en el título de la gran obra de Darwin; la seguía la declaración: "o la conservación de razas favorecidas en la lucha por la vida". Darwin hace el hincapié correcto sobre los medios o el mecanismo del cambio evolutivo. Muy tempranamente se persuadió del hecho de tal cambio, que le sugería que "no ha sido creada independientemente cada especie" sino que ha descendido "de otra especie". Sin embargo, reconocía que esta conclusión sería "insatisfactoria hasta que pudiera demostrarse cómo habían sido modificadas las innumerables especies que habitan este mundo, de modo que adquirieran esa perfección de estructura y esa coadaptación que provoca muy justamente nuestra admiración". La búsqueda de este "cómo" del cambio evolutivo dirigió la forma en que Darwin consideró el problema de las especies, como lo hizo la de Alfred Russell Wallace. Una vez delineado

ese "cómo", se convirtió en el proceso de selección natural y se asignó importancia imperativa al adjetivo natural. La unidad biológica en la diversidad, ya fuera ordinal o temporal, sería ostensiblemente resuelta por causalidad natural completa.

Darwin (1809-1882) había seguido un curso de instrucción en cierto modo casual en Edimburgo y Cambridge, buscando una carrera primero en la medicina y luego en la Iglesia. Ninguna de las dos fructificó. Mucho más importantes en su desarrollo fueron su aparentemente vaga autoeducación y su estrecho contacto con geólogos y naturalistas británicos distinguidos. De ellos obtuvo invaluable experiencia de campo con plantas, animales y formaciones minerales. Principalmente fue el botánico de Cambridge, John Henslow, quien percibió la promesa de Darwin. Sin pretender ver en Darwin un *acabado* naturalista, Henslow lo consideró, no obstante, "ampliamente calificado para recabar, observar y notar cualquier cosa que valga la pena notar en historia natural". En mucho por recomendación de Henslow, Darwin se convirtió a los 22 años de edad en naturalista naviero para circunnavegar el globo en el barco oceanográfico *H.M.S. Beagle.* Las impresiones y colecciones reunidas en el largo viaje del *Beagle* (1831-1836) indujeron en Darwin opiniones claramente heterodoxas respecto al problema de las especies. Los años que siguieron al regreso del *Beagle* fueron, por lo tanto, decisivos para el desarrollo intelectual de Darwin y hacia 1844 había difundido (pero no publicado), para todos los propósitos prácticos, su teoría de la evolución por selección natural.

Darwin mismo señalaba repetidamente los "hechos" más notables de la historia natural que encontró mientras viajó en el *Beagle* y que despertaron tanto su atención a su regreso a casa. Se referían a la distribución geográfica de animales sudamericanos, a la relación entre vertebrados extintos y vivos en el mismo continente y a las notables peculiaridades de distribución de plantas y animales en grupos de islas oceánicas. Por supuesto, estas pruebas pertenecen directamente al hecho de la evolución y no a su mecanismo de guía. Para Darwin, este hecho y el mecanismo de selección natural propuesto se confundieron rápida y deliberadamente, una confusión en realidad tan completa que, según la opinión de Darwin, la evidencia del primero se consideraba como confirmación del segundo.

En Argentina, Darwin encontró dos especies de un ave *(Rhea)* grande que no volaba, y a las que no separaba barrera física perceptible. A partir de este y otros numerosos ejemplos, concluyó que aparecen formas diferentes pero

indiscutiblemente relacionadas en zonas geográficamente contiguas. Darwin estaba describiendo el remplazo de la fauna: la ocupación de terrenos similares por formas relacionadas pero distintas, a medida que una se mueve a través de una mayor masa de tierra donde la coexistencia es posible. También en Argentina halló formas gigantescas extintas parecidas al armadillo enterradas en depósitos en cuya superficie medraban armadillos modernos; en ese y en muchos otros casos resultaba que la diversificación temporal se aunaba a la evidente relación que tanto impresionó a todos los biólogos evolucionistas. "Las afinidades mutuas de las especies extintas y vivas —pudo proclamar después Darwin— entran todas dentro de un gran sistema natural; y este hecho se explica inmediatamente en el principio del origen."

La evidencia más aplaudida y sugerente de Darwin llegó de la flora y la fauna del Archipiélago de las Galápagos. Esas islas del Pacífico Oriental, de estructura geológica común y bajo climas virtualmente idénticos, manifestaron una prodigiosa diversidad biológica. Los tipos de organismos presentes en las islas (tortugas, tordos, pinzones, plantas) no eran muchos, pero el número y la distribución de sus especies eran verdaderamente extraordinarios. Cada isla, separada de las otras por sólo unos 80 kilómetros de mar, presentaba una flora y una fauna esencialmente peculiar de sí misma. Allí parecía manifestarse, según lo expresó Darwin, una sorprendente "cantidad de fuerza creativa". Esa fuerza era inespecífica pero su efecto era inequívoco y se registró por lo menos la posibilidad de que fuera un proceso temporal (y tal vez natural): "al ver esta gradación y esta diversidad de estructura en un grupo de aves pequeño e íntimamente relacionado, uno podría realmente suponer que a partir de una escasez de aves original en este archipiélagos; se había tomado una especie que se modificó para diferentes fines".

Sabemos que esa posibilidad se formó claramente en la mente de Darwin sólo después de su regreso a Inglaterra. Una entrada justificadamente famosa en su *Diario* dice así:

> En julio [1837] abrí mi primer libro de notas sobre "transmutación de las especies" (había quedado muy impresionado desde el mes de marzo anterior, aproximadamente, por las características de los fósiles sudamericanos) y especies del Archipiélago de las Galápagos. Esos hechos originaron (especialmente después) todas mis opiniones.

Después de llenar varios libros de notas y pensar mucho, Darwin expresó completamente sus ideas en ensayos, en 1842 y 1844. Pero los ensayos se

quedaron como manuscritos y eran conocidos por pocos. La atención de Darwin se volvió ampliamente hacia la historia natural descriptiva. Fue la presión ejercida por Wallace (un ensayo singular sobre la distribución geográfica de los organismos [1855] y el celebrado manuscrito que anunciaba una teoría de la evolución por selección natural [1858]) lo que hizo que Darwin volviera a su gran tema. *El origen de las especies*, un extracto de una obra mayor que se había propuesto, fue completado en ocho meses y publicado el 24 de noviembre de 1859. La carrera pública del darwinismo pronto iba a empezar.

La expresión familiar “origen de las especies” se refiere principalmente a la transformación dada a entender de una especie en otra. Darwin hizo hincapié en que no consideraría el origen último de la vida, y por lo tanto la condición primordial de las especies, si es que había alguna entonces. El verdadero punto de partida y el fundamento indispensable en el concepto de la selección natural de Darwin y Wallace fue la abundante variación biológica. La selección tiene significado evolutivo a largo plazo sólo en tanto que designa el acto de perpetuar o eliminar diferencias entre los organismos. Darwin dedicó extraordinario cuidado a acumular pruebas de la omnipresencia de la variación. Recurrió en primer lugar a horticultores y criadores de animales. De ellos aprendió que la variación bajo la domesticación era la regla y que la forma, la función o el comportamiento fijos constituían la excepción verdaderamente rara. Las variedades del perro y, más espectacularmente, las de la paloma doméstica, eran casos precisos. Volviendo a la variación en la naturaleza, Darwin, como experimentado naturalista de campo, tuvo pocas dificultades para establecer el mismo punto de vista. Sin embargo, su caso no era tan persuasivo como lo había sido respecto a la variación doméstica y sólo en la década de 1870, otros naturalistas, trabajando con colecciones de museos consistentes en grandes números de miembros de una especie, fundaron firmemente y extendieron la declaración de Darwin sobre la variación natural. La(s) causa(s) posible(s) de esa variación, ya fuera doméstica o natural, fue(fueron) objeto de mucha especulación incierta. Allí se planteaba un problema contra el que se probarían innumerables biólogos darwinianos, en la mayor parte de los casos con éxito dudoso.

La evolución por selección natural estaba fundada en la analogía. La gran lección del mejoramiento vegetal y animal hecho por los criadores era que la selección daría una dirección nueva a las crías. La “llave” para esos cambios,

decía Darwin, “es el poder de selección acumulativa del hombre: la naturaleza brinda variaciones sucesivas; el hombre las aumenta en ciertas direcciones útiles para él”. Planteaba entonces, con la esperanza de una respuesta en sentido positivo, la pregunta decisiva: “¿puede el principio de selección, al que hemos visto tan potente en las manos del hombre, aplicarse en la naturaleza?” Partiendo del artificio del criador, Darwin tenía bastante esperanza en moverse hasta un mecanismo de cambio estrictamente natural; la selección natural era el compañero análogo de la selección artificial. Pero las grandes esperanzas y la evidente destreza del criador se basaban en la experiencia acumulada y tal vez en la probabilidad racional ocasional. Sin embargo, en el esquema de la naturaleza de Darwin no podía haber absolutamente ningún lugar para tal intención y designio. El antropomorfismo estaba estrictamente prohibido. Darwin tenía que encontrar una alternativa, un modelo de selección gobernado puramente por factores naturales. Su búsqueda de tal agencia lo llevó a la apreciación exaltada de la función de la competencia en la economía general de la naturaleza orgánica, y a su explotación, bien conocida, de la consideración hecha por Thomas Malthus sobre los factores que limitan el tamaño de las poblaciones humanas.

Este argumento de que las plantas y los animales estaban enzarzados perpetuamente en grave competencia unos contra otros y contra su ambiente era ya familiar en la juventud de Darwin. Tal competencia solía considerarse como principalmente destructiva, es decir, cuando era grave llevaba a la eliminación de las formas menos adaptables o menos prolíficas. Para las personas devotas o de temperamento sanguíneo, ese proceso era una admirable disposición del creador para asegurar el equilibrio y la limpieza de su creación. La visión de Malthus se expresaba con una disposición más sombría: los horrores de la sobrepoblación y de la muerte miserable inducidos ampliamente por la urbanización rápida y sin dirección de Gran Bretaña durante la Revolución industrial. Malthus también derivó sus leyes de ese “Ser que dispuso primero el sistema del universo”. No obstante los tiempos eran difíciles y Malthus no dio base para el mejoramiento futuro. La población aumenta geométricamente; el alimento, indispensable para la vida y la prosperidad, no aumenta sino aritméticamente. Por consiguiente tiene que ponerse coto a la población y esto debe hacerse sin remordimientos. “La necesidad”, anunció Malthus,

esa imperiosa ley de la naturaleza que penetra todo, restringe [la vida] dentro de los límites

prescritos. El origen de las plantas y el de los animales se reducen bajo esta gran ley restrictiva. Y el origen de los seres humanos no puede, por ningún esfuerzo de la razón, escapar de ella.

Las plantas y los animales perecen por "desperdicio de la simiente, enfermedad y muerte prematura"; el ser humano expira por miseria (hambre, enfermedad y guerra) y vicio.

Este completo pesimismo plantea un gran problema para entender el enunciado y el alcance del argumento de la competencia, según lo dio Darwin. El naturalista recordó después que en octubre de 1838 leyó el *Essay on Population* de Malthus y le impresionó que bajo condiciones de lucha "tenderían a conservarse las variaciones favorables y a destruirse las desfavorables". Resultaría una "nueva especie"; Darwin "al fin había conseguido una teoría con la cual trabajar". Pero ¿la había conseguido? En sentido estricto, parece que no. El malthusianismo riguroso es tranquilamente pesimista; su resultado implica que el único cambio permisible es el cambio destructivo; nuestro mundo es severo y cerrado y como tal el producto del divino legislador. Ya sea que el cambio evolutivo se defina como simple transformador, sin referencia a la dirección del cambio; o como transformación progresiva, con el hombre como la norma supuesta del progreso, el argumento malthusiano no puede ser de importancia contribuyente decisiva. Lo que Malthus le dio a Darwin (y a Wallace en 1858) fue un sentido renovado del poderoso lugar, en realidad abrumador, de la competencia en el mundo orgánico. El esquema de Malthus, obviamente, no asignaba lugar al desarrollo. Sería tarea de Darwin, a medida que trabajaba hacia una delineación de la selección natural evolutiva para introducir precisamente esa noción de cambio temporal que lleva a la diversidad y la relación orgánicas y, en consecuencia, las explica. Si se daba entonces el hecho de la variación (para ser observada especialmente desde el punto de vista de la diferente tendencia a la supervivencia bajo condiciones ambientales dadas) y el de la competencia incesante, se descubría el proceso llamado selección natural: "a esta conservación de las variaciones favorables y a este rechazo de las variaciones perjudiciales le llamo Selección Natural". Los caracteres de valor neutral o aquellos cuya utilidad o cuyo perjuicio no fuera evidente, permanecerían sin tocar por la selección. La selección darwiniana deriva su poder de operación del postulado de la utilidad, es decir, la supervivencia, y por consiguiente el cambio evolutivo es estrictamente una función del valor estructural o fisiológico (supuesto) de cada parte o proceso orgánicos. El entonces rampante utilitarismo de la

economía política y de la filosofía moral alcanzaba todas las áreas del pensamiento y no menos la noción de Darwin acerca del valor de la supervivencia.

Pero ¿qué podía hacer la selección natural? Era la causa, sobre todo, de la “divergencia” de carácter y de la extinción. La divergencia era para Darwin el momento crítico en el cambio evolutivo. Era ahí donde brotaba la multitudinaria descendencia de una especie dada, en forma de “variedades” razonablemente bien señaladas y, si no las abatía la presión de la selección y el tiempo seguía su curso, esas variedades serían transformadas a su vez en verdaderas “especies” nuevas. La selección natural acumularía variaciones pequeñas y produciría transformaciones mayores. Cada variedad y cada nueva especie capitalizaría siempre sobre el ambiente físico y biológico en el que se encontrara. Como consecuencia, Darwin tomó por principio que “la mayor cantidad de vida puede ser sostenida por una gran diversificación de estructura” y de función. El análisis malthusiano indicaba la presión incesante para aumentar la “cantidad de vida”. Darwin aceptó este análisis, explicando por él la extinción y, como gran triunfo y originalidad de su teoría, la aparición de la novedad biológica. Eso era cambio evolutivo y significaba principalmente la irradiación de la vida hacia cada nicho disponible en el ambiente. La evolución era totalmente oportunista y los organismos se beneficiaban de cualquier ventaja que la variación pudiera conferirles. La selección natural se convirtió así en una explicación excepcionalmente plausible de la adaptación, revolucionando la idea de un aparente designio (creativo) en la naturaleza orgánica y asimismo, de la familiar, enigmática y fundamental relación entre los grandes y diversos grupos de organismos. El “elemento de origen —anunció orgullosamente Darwin— es el enlace oculto de la conexión que los naturalistas han buscado bajo el término de Sistema Natural” de clasificación. La explicación genética se exhibe así a todo color.

Debe observarse brevemente que Darwin usó el término “lucha por la existencia” sólo en un “sentido amplio y metafórico”. Determinaba no sólo “la vida del individuo, sino si lograba dejar progenie”. La distinción es significativa ya que Darwin, admitiendo un regular grado de ferocidad en la vida de los organismos, sentía, no obstante, que la supervivencia diferencial era “más importante”. Muchos darwinianos, incluyendo a Herbert Spencer, quien acuñó la expresión “supervivencia del más apto”, también hicieron hincapié en el aspecto gladiatorio de la supervivencia y lo hicieron así en

mucho por razones no biológicas. Darwin eligió conservar ambos aspectos de la competencia continuamente en funciones.

Sólo cuatro de los 15 capítulos del *Origen* se dedicaron a exponer la teoría de la selección natural. En el resto del libro se consideraban las dificultades de la teoría y se revisaban los diversos tipos de evidencia, que tanto demostraban el cambio evolutivo como confirmaban la nueva teoría. Las reflexiones de Darwin ahí son impresionantes y definen ampliamente los dominios principales del subsecuente darwinismo biológico. Atestiguan, además, su forma prodigiosa y largamente practicada de armar y dominar todas las facetas de la biología evolucionista. Por contraste, Alfred Russell Wallace (1823-1913) aparece como un recién llegado a la escena. Wallace, un hombre de carácter extraordinario y con intereses mucho más amplios que los de Darwin, era un autodidacto. Alguna vez, en 1844 o 1845, leyó a Lyell, a Malthus, la narración de Darwin acerca de la expedición del *Beagle* y *Vestigios.* El efecto fue abrumador; Wallace se convirtió, o se corrompió, a la fe evolucionista. *Vestigios* fue el texto crítico. Su misión estuvo entonces clara: tenía que encontrar los hechos que llevaran "a resolver el problema del origen de las especies". A partir de investigaciones llevadas a cabo en Brasil y en el Archipiélago Malayo, Wallace hizo de sí mismo un sobresaliente naturalista tropical y tal vez el mayor biogeógrafo del siglo. Reflexionando en su problema autoimpuesto, Wallace, en febrero de 1858 y totalmente independiente de Darwin, concluyó que "la vida de los animales salvajes es una lucha por la existencia". En consecuencia, "tenemos *progresión y divergencia continuas"* de los organismos y esto puede "deducirse a partir de las leyes generales que regulan la existencia de los animales en estado de naturaleza". Esas leyes eran la competencia y la supervivencia diferencial. El problema de las especies había sido resuelto de nuevo exclusivamente por causalidad natural. Wallace se había apoderado demasiado obviamente del gran premio de Darwin. Sin embargo, la publicación simultánea de sus ideas (1º de julio de 1858) y la precipitada preparación del *Origen* parecen revelar una armonía desacostumbrada y genuina entre ambos hombres. No surgieron disputas de prioridad y, aunque Darwin obtuvo la mayor parte de la atención del público, Wallace se convirtió en el desapasionado, en realidad doctrinario abogado británico de la omnisuficiencia de la selección natural como mecanismo evolutivo. Darwin mismo se tambalearía a menudo bajo la crítica frecuentemente devastadora que pronto atacaría a la nueva doctrina.

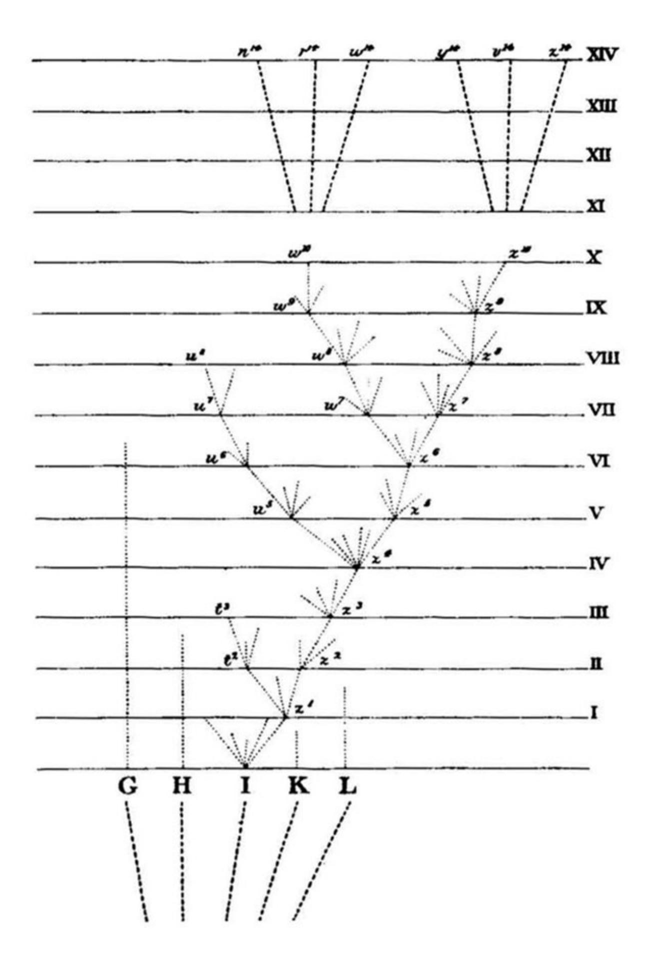


FIGURA IV.3. El cambio evolutivo, en el modelo darwiniano, es un proceso acumulativo. La adición selectiva de variaciones ligeras y favorables lleva a la divergencia de las especies. En este diagrama Darwin trazó, hipotéticamente en realidad, la descendencia de una especie única (1) a través de 14 000 generaciones. Esperaba demostrar la posibilidad de derivar por lo menos seis muy distintas especies contemporáneas a través de descendencia con modificación y exponer el no menos importante y común hecho de la extinción de las especies (G, H, t^3, u^8). (Charles Darwin, 1860.)

La teoría de la selección natural alteró radical y definitivamente la discusión del problema de las especies. Sólo los muy entusiastas pretendían que la selección era algo más que una explicación altamente probable de la transformación de las especies. Pero esa probabilidad era suficiente: proporcionaba una alternativa coherente y de extremos abiertos a la idea creacionista tradicional de las especies y sus interrelaciones, su distribución y sus adaptaciones como producto de interés y acciones sobrenaturales.

Exactamente como el uniformitarianismo había excluido las catástrofes geológicas de la consideración científica seria, declaraba Darwin, la "selección natural, si es cierta, excluirá la creencia de la creación continua de nuevos seres orgánicos".

Haber encontrado un mecanismo evolutivo plausible significaba, además, que el cambio evolutivo ya no podía rechazarse diestramente, porque uno podría ser incapaz de observar cómo había ocurrido ese cambio. El hecho de la evolución adquirió así nueva importancia y las pruebas que le eran favorables recibieron entonces atención global y generalmente fructífera. Darwin creía que la cuestión de si la selección había realmente "actuado en la naturaleza tenía que juzgarse por la tónica y el equilibrio generales" de esas pruebas. Como quiera que fuere, y muy bien pueden discutirse las declaraciones de Darwin, la selección natural abrió el camino a una nueva era en los estudios evolucionistas. La evolución se convirtió en el tema unificador en botánica y zoología, enlazando las disciplinas especiales de clasificación, paleontología, anatomía comparada, embriología y ecología en la prosecución común de la historia real de la vida en la Tierra. El darwinismo abrumó a la biología y, según la moda de la época, no fue sorprendente que presentara su prestigio a campos de investigación en los cuales su pertinencia era altamente discutible.

VARIEDADES DEL DARWINISMO: BIOLOGÍA

El efecto del *Origen* sobre el pensamiento biológico fue inmediato y espectacular. De ninguna manera todos los biólogos aceptaron la selección natural como un mecanismo del todo competente del cambio evolutivo; la teoría de Darwin experimentaría muchas vicisitudes antes de su integración firme en la explicación biológica durante la década de 1830. La idea de la descendencia con modificación, es decir, el hecho de la evolución, encontró notablemente menos escepticismo. En realidad, se podría definir el darwinismo biológico como la aceptación general de este hecho y, lo que es más importante, como el esfuerzo, extendido después de 1859, en reconstruir hasta donde fuera posible el curso real de las pasadas transformaciones evolutivas. Los estudios tradicionales volvieron a difundirse y se aplicaron de nuevo para recuperar un pasado al que alguna vez se le había negado toda existencia y aun era considerado por los escépticos como fuera del alcance de la investigación científica.

En ninguna disciplina parecieron tan grandes las expectativas ni resultaron tan comunes las frustraciones como en la paleontología. Darwin y todos los darwinianos reconocieron que el registro fósil, el verdadero producto de la vida pasada en la Tierra, debería proporcionar el fundamento más verdadero de la reconstrucción deseada. Pero el registro fósil era muy incompleto; en parte por simples errores de recolección y estudio. Sin embargo, la fosilización era una materia compleja y a menudo caprichosa; los estratos en que aparecían los fósiles comúnmente se alteraban y las formaciones sucesivas estaban separadas por discontinuidades demostrables y graves.

En consecuencia, la paleontología sostuvo durante mucho tiempo las más ambiguas relaciones con el darwinismo ortodoxo. La mayoría de los paleontólogos percibían que sus evidencias simplemente contradecían el hincapié que hacía Darwin en los cambios diminutos, lentos y acumulativos que daban lugar a la transformación de las especies. Se crearon escuelas que creían en la evolución a saltos, para las cuales el cambio de las especies se realizaba por súbita y sistemática alteración de la forma y la función. Otros paleontólogos, generalmente de generaciones anteriores, siguieron rechazando el cambio evolutivo.

Sin embargo Darwin encontró defensores ampliamente calificados. Thomas Huxley en Gran Bretaña, Alfred Gaudry en Francia, Melchior Neumayr en Alemania, Vladimir Kowalevsky en Rusia y Othniel Marsh en los Estados Unidos trabajaron diligentemente; recolectaron series de fósiles importantes aunque no verdaderamente completas y leyeron su evidencia como testimonio de la evolución. Su objetivo fue enunciado claramente (1865) por el eminente paleontólogo suizo Ludwig Rütimeyer: la paleontología y la zoología "tienen que ser en el sentido más completo de la palabra la *Historia de la Naturaleza* y deben rastrear los hilos que unen a las generaciones de organismos presentes y anteriores". En algunos casos (corales, amonitas, caballos) se habían obtenido hacia fines del siglo líneas de origen razonablemente claras. Esa evidencia era muy sugerente, si no decisiva, y la paleontología, desde 1900, la ha ampliado tanto en sustancia como en capacidad de integración.

Los reconstruccionistas evolucionistas más ardientes encontraron cierto aliento en la morfología. La atención escrupulosa a la comparación anatómica revelaría, creían muchos, "las relaciones de afinidad dentro de las diversas divisiones del Reino Animal". Esa afinidad era nada menos que el enlace genético que la descendencia con modificación imponía

necesariamente, a medida que la naturaleza orgánica se diversificaba. No obstante, se esperaban las mayores retribuciones de la embriología y no de la anatomía. La hipótesis de la recapitulación, ya vista desarrollándose y bajo ataques a principios del siglo, regresó después de 1859 y llevó una existencia verdaderamente extravagante durante varias décadas. El episodio de la recapitulación ofrece un caso clásico de las modas que tan frecuente y penetrantemente barren a las ciencias y, sin duda, a la mayor parte de las empresas intelectuales. El notable paralelo entre el desarrollo individual y la historia ancestral apareció para el presente como una herramienta poderosa para recuperar ese pasado que, desgraciadamente, la paleontología no podía apresar. Se ordenó regresar al embrión y seguir todos sus cambios. Ahí, bajo el microscopio, se descubrió la condición ancestral de la vida; la atención ininterrumpida a ese desarrollo ofrecía al observador un registro verdaderamente completo del curso de la evolución. Los embriólogos comparadores destacaban insistentemente el valor de la hipótesis de recapitulación. La futura gran generación de biólogos experimentales, entrenada ampliamente por esos hombres entre 1870 y 1890, empezó como estudiosa de la reconstrucción evolucionista. Por supuesto, en mucho fueron ellos y no sus mentores quienes promovieron la discusión que desacreditó las afirmaciones de la orientación predominantemente embriológica para intentar la reconstrucción exacta del pasado.

Sin embargo, esas investigaciones embriológicas fueron muy útiles para acrecentar el conocimiento de los biólogos acerca de los diversos modelos de desarrollo de las plantas y los animales. Ese conocimiento tenía valor práctico ofreciendo, por ejemplo, fundamentos más fidedignos y a menudo nuevos para el trabajo clasificador. En el caso de los animales con alternación de generaciones, común entre invertebrados, la inspección simple de las diferentes formas había llevado a la conclusión singular de que esas formas de diferentes etapas de la "misma" especie eran todas especies diferentes. Por supuesto, casi nada se sospechaba de la calidad de "identidad". Sólo por observación paciente de todos los ciclos reproductivos, en realidad vitales, de esas criaturas se descubrió que esas diferencias, aunque fueran extraordinarias y reales, no eran sino parte de un plan de desarrollo definido de una especie dada. La embriología comprobó ahí virtualmente, rastreando el cambio, esa "identidad" en la que podría basarse una descripción fidedigna de la especie. A fines del siglo la embriología se había transformado en una guía esclarecedora e indispensable hacia un

modelo más amplio de la historia de la vida; y no menos la paleontología. Sin un indicio único y omnipotente del pasado, los evolucionistas se vieron obligados a desdeñar la moda y explotar la evidencia, dondequiera que pudiera encontrarse.

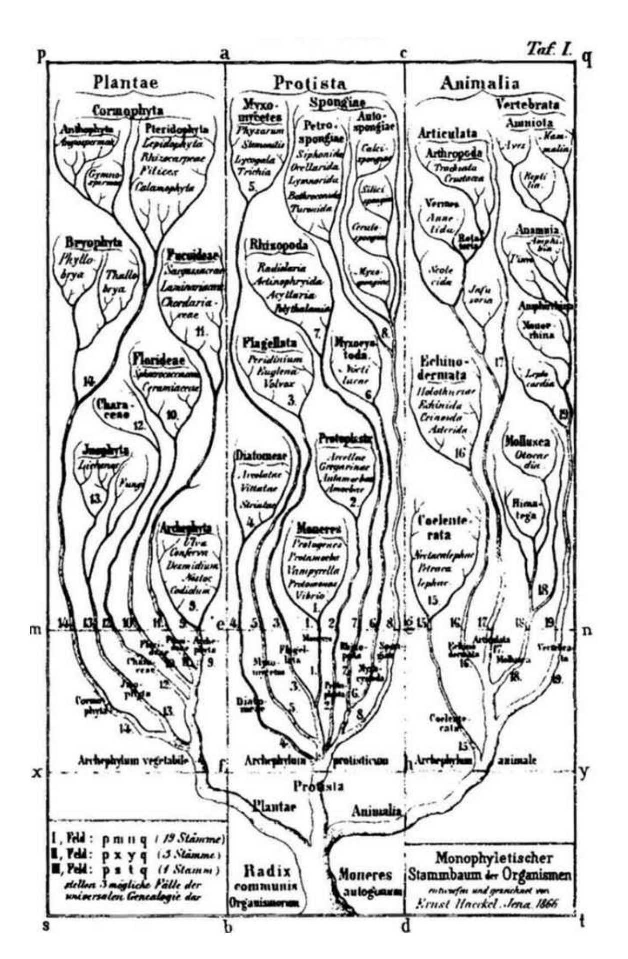


FIGURA IV.4. Los biólogos posdarwinianos se dedicaron sin descanso a la recuperación de la historia de la vida en la superficie de la Tierra. A los estudios concretos en morfología y paleontología se agregó la especulación tanto sagaz como fantástica. Este elegante árbol filogenético, tal vez el primero que apareció después de la publicación del *Origen de las especies*, ofrece tres posibilidades (1, 3 o 19 "troncos" o formas primitivas), de las que el autor prefiere la última, por la tan deseada "genealogía universal" de los seres vivos. (Ernst Haeckel, 1866.)

El darwinismo biológico soportó muchas críticas y sus observaciones raramente estuvieron confinadas a los problemas de la reconstrucción evolucionista. Ningún aspecto del darwinismo se presta más a confusión y ha sido menos estudiado que la discusión tortuosa y no concluyente de los biólogos acerca de la eficacia y las fallas de la selección natural. Esta conclusión fue en gran parte consecuencia del muy imperfecto conocimiento disponible de la variación biológica. Se debió sobre todo a la aversión

visceral que muchos biólogos capaces tenían hacia la confianza del darwiniano ortodoxo en la utilidad.

La descendencia con modificación avanzaba, según esta última opinión, por la acumulación excesivamente lenta de ligeras variaciones. Las criaturas sobrevivían debido a que el agregado de sus numerosas partes había comprobado ser útil. Toda parte, en todo momento, estaba sujeta a la severa revisión de la selección y sólo las variantes que aseguraban la supervivencia o el éxito reproductivo neto persistían. Los críticos reprochaban a Darwin que había ofrecido sólo una solución verbal del problema porque ¿qué era la utilidad y cómo iba a medirse? No podía idearse con seguridad ninguna norma absoluta y verdaderamente general de utilidad. La declaración de que la supervivencia misma era la prueba de la aptitud y de la utilidad, simplemente ocasionaba que volviera a hacerse la famosa acusación de que la teoría de la selección era una tautología.

Lo peor de todo era ¿qué concebible uso podían tener esas variaciones indispensables y extremadamente diminutas en su primera aparición? En la lucha por la existencia podían brindar sólo una ventaja trivial a su poseedor; inmediatamente se "hundirían" en los grandes números de una población reproduciéndose y, por lo tanto, perderían todo su significado evolutivo. Los principales críticos solían volverse a la alternativa de la evolución a saltos. Asignando a cada organismo "sus propias leyes internas y especiales de crecimiento y desarrollo" hacían a esas leyes la causa de la aparición de todas las novedades; la selección cuando mucho podría recoger y escoger secundariamente de entre las macrovariaciones presentadas entonces. A pesar del hecho de que tales "leyes internas" eran evidentemente invenciones *ad hoc*, brindaban la tranquilizante ilusión de haber resuelto el problema de la causa de la variación y de haber reducido la importancia creativa de la teoría radical de la selección. Por fin, en 1930, el problema se trasladó con éxito del dominio de los individuos variantes al de las variaciones distribuidas en grandes poblaciones, multiplicándose por medio del análisis estadístico riguroso del valor de supervivencia de las variaciones diminutas. La llegada de la genética de población permitió que se definiera una escuela neodarwiniana de teoría de la selección.

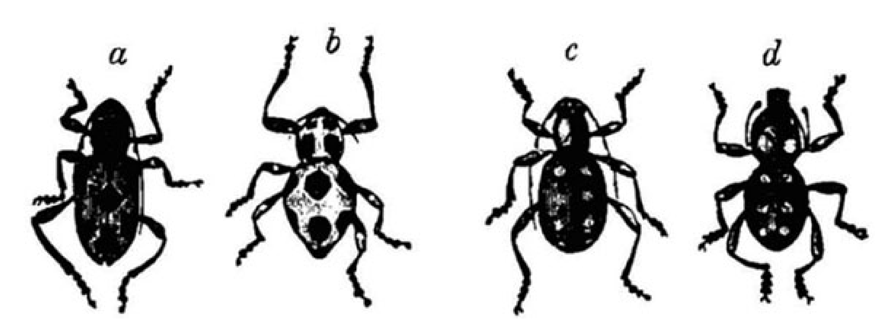


FIGURA IV.5. La coloración protectora (adquisición evolutiva del aspecto externo de una forma nociva realizada por otro grupo de organismos más aptos para servir como presa) fue descubierta en la década de 1860 e interpretada en términos darwinianos. La selección favorecía a aquellas formas cuyas variaciones las hacían parecerse más a las formas indeseables o mimetizarlas; se describieron casos de semejanza verdaderamente notable. En este caso, los géneros blandos y por lo tanto más comestibles *(a, c)* de escarabajos de las islas Filipinas, mimetizan el matiz y el modelo de coloración de los géneros de gorgojos *(b, d)* de cubierta dura y, por consiguiente, protegidos. (Alfred Russell Wallace, 1889.)

La variación biológica en la era posdarwiniana era en sí misma un hecho ampliamente reconocido, cuya posible resolución en fenómenos celulares constituía una fe no menos aceptada. Esa fe se basaba más en el cierre de otras posibilidades fisiológicas que en pruebas decisivas y confirmadoras. Por una parte, entre 1860 y 1900 hubo una asombrosa proliferación de teorías especulativas de la herencia; por otra, fue en ese periodo cuando maduraron, en aislamiento general entre sí, las diversas disciplinas que darían origen a la ciencia de la genética. La citología, la cría experimental de plantas y animales y la aplicación de la estadística a problemas biológicos llegaron al foro en esos años. Con el redescubrimiento, en 1900, de los datos experimentales de Mendel y la amplia difusión de sus conclusiones, se reunieron estudios anteriormente dispares. Sus discípulos se convirtieron en geneticistas y su trabajo estableció la base exacta de la herencia y la variación, primero en los cromosomas y luego en el hipotético gen (véase el capítulo III).

Hacia 1900, el darwinismo biológico había prevalecido en forma abrumadora. Mientras que la crítica de la selección natural siguió siendo común y a menudo era perjudicial, ninguna otra posibilidad podía sostenerse seriamente, aparte de las hipótesis ambientales siempre dudosas (llamadas neolamarckianas). El hecho de la descendencia con modificación se había transformado en la adquisición permanente de todos los biólogos. Se decía en un libro de texto prominente de la década de 1880:

> El origen de las plantas y los animales por descendencia de otras formas preexistentes ya no puede ponerse en duda; y es evidente que el origen de cualquier planta o animal dados ha sido un proceso definido, que debe considerarse como cualquier otra faceta de la historia natural.

Al adherirse a esta conclusión, los biólogos tratan de recuperar tanto el modelo general como los detalles íntimos de la historia de la vida. En el primer intento triunfaron ampliamente; en el segundo sus éxitos fueron reales, pero de ninguna manera completos. Esa apasionada búsqueda de la reconstrucción filogenética fue un regalo para la biología del siglo XX, tanto como los perturbadores temas que circundaban la naturaleza, las causas y las consecuencias de la variación biológica y el problema general del mecanismo evolutivo.

VARIEDADES DEL DARWINISMO: TEOLOGÍA

Los dirigentes darwinianos estaban decididos a situar al hombre en la naturaleza y a hacerlo parte integral y producto indudable de ella. Aunque su objetivo era lugar común, su éxito no lo era y este éxito, prestando a su intento todo el prestigio y la certidumbre atribuidas a la biología como ciencia, no dejó de recalentar las disputas ya acaloradas entre el hombre de ciencia secular y el propugnador (una categoría que incluía a muchos científicos distinguidos) de la concepción cristiana del hombre. La disputa se libraba en verdad acerca de temas morales y no del tema interesante pero menor de la relación física del hombre con los animales. "El hombre —insistía el apologista— está dotado de una naturaleza moral, una percepción de lo correcto y lo erróneo y un sentido de obligación moral." Ese sentido moral era sólo del hombre, un don apreciado, suyo por voluntad del creador. Determinaba su carácter y especificaba la relación entre el hombre y su Dios. El cristiano creía que el hombre llevaba en sí el pecado a partir de la Caída. Su única esperanza de salvación del eterno tormento estaba en su aceptación de Cristo y del poder de la Expiación. El hombre no era autosuficiente moralmente; necesitaba a Cristo o cuando menos a la Iglesia.

Por consiguiente, no es difícil apreciar el horror con el que el teólogo reaccionaría a la opinión siguiente, expresada por Darwin en 1871, pero para entonces con reconocido valor, acerca del origen del sentido moral del hombre:

> En forma última, un sentimiento altamente complejo, que tiene su primer origen en los instintos sociales, ampliamente guiado por la aprobación de nuestros congéneres, reglamentado por la razón,

el autointerés y, en los últimos tiempos, por profundos sentimientos religiosos confirmados por la instrucción y el hábito; la combinación de todo eso constituye nuestro sentido moral o conciencia.

Muy aparte de este relativismo moral implícito e inadmisible, los apologistas creían que el evolucionista promulgaba una doctrina devastadora al mismo tiempo para la moralidad, la Iglesia y la sociedad. El hombre ya no era una criatura caída cuyo destino sólo podían decidir la fe o la Iglesia cristianas. Era más bien un ser independiente, producido por la naturaleza y completamente divorciado de Dios. En la disolución de las eternas sanciones de la moralidad, parecía que el hombre se transformaba en nada más que un animal social altamente complejo y racional. Todo el misterio religioso que rodeaba al origen o al destino del hombre podía descartarse con facilidad, según lo habían demostrado ampliamente los ateístas fervientes.

El cargo de ateísmo se dirigió comúnmente contra los darwinianos. Probablemente era una etiqueta injustificada, porque casi todos los evolucionistas (Haeckel era una boquifresca y en consecuencia maloliente excepción) estaban firmemente ligados por la razón o por el sentimiento a los valores tradicionales de su sociedad como para alentar un rompimiento tan grande e irrevocable con el pasado. Darwin concluyó muy adecuadamente que su "teología [era] un simple embrollo"; Thomas Henry Huxley se retiró al agnosticismo; Lyell permaneció leal a su fe. En resumen, la mayoría de los evolucionistas no hizo campaña directamente contra las enseñanzas cristianas, aunque no las compartían por completo y declaraban constantemente sentirse afrentados por las pretensiones de los eclesiásticos eruditos.

Es cierto que la respuesta teológica al darwinismo incluía otros temas, además de la independencia moral y de la responsabilidad del hombre. La exactitud literal bíblica, incluyendo el argumento aún próspero del designio, no se inclinó sino lentamente ante el ataque combinado de la geología y la evolución y el estudio histórico y crítico de los textos bíblicos, que avanzaba rápidamente. La Iglesia romana, doctrinariamente más y más conservadora hacia fines del siglo, pareció más alarmada por las interpretaciones modernistas de la Escritura que interesada en las disputas de los evolucionistas. Las sectas protestantes, más fundamentalistas, conservaron su Biblia inviolada. Otras sectas protestantes, confiando grandemente en la comprensión alegórica del relato mosaico de la creación, trataron de alejarse de los confines perturbadores de seis días literales de creación.

La tarea de la reconciliación entre la biología evolucionista y la doctrina

cristiana sugiere una unidad original, aunque no articulada, entre ellas, y una ruptura subsecuente. Esta última fue uno de los hechos más notoriamente públicos del siglo XIX. Sin embargo, la primera fue, en la mente de muchos, simplemente otra manifestación de la pretensión del teólogo de apoderarse de todo conocimiento como si fuera intrínsecamente suyo y tuviera un sentido divino. Ahí había terreno fértil para las tensiones personales e intelectuales. La posibilidad de librar una disputa apenas pudo evitarse una vez que el evolucionista aclaró su concepción naturalista de todo el ser del hombre y de sus cualidades implícitamente más altas. La evolución proporcionó así un campo de batalla prominente para la contienda en marcha entre la ciencia y la religión por la obediencia de la mente europea.

VARIEDADES DEL DARWINISMO: SOCIEDAD Y RAZA

Ante las muchas variedades del darwinismo, el social es la más familiar; también es la que menos se presta a la caracterización exacta. Los darwinistas sociales eran un grupo diverso y sus premisas y objetivos, en su conjunto, no constituyen una doctrina consecuente. Sin embargo, en el darwinismo social se pueden aislar temas conductores, si no predominantes, en cada caso. Algunos de esos temas, por supuesto, son anteriores a Darwin y fueron difundidos por primera vez en un contexto claramente no biológico. En este caso, como en otros, fue esencial la contribución principal del pensamiento evolutivo y asimismo la presentación de un ostensible fundamento científico para opiniones ya corrientes y que pronto iban a revivirse y revisarse.

La teoría darwiniana de la selección fundó el cambio evolutivo en la suma de numerosas acumulaciones ligeras; la primera entidad era el individuo variante. Con algunas salvedades, ésta fue una opinión compartida por la clásica economía política liberal. (Las ideas de Darwin se atribuyen a menudo a esa fuente.) Se hacía gran hincapié en el valor determinativo de los individuos, cada uno de los cuales buscaba sin descanso su ventaja óptima. En una situación social humana, este hecho anunciaba la existencia de intereses en conflicto y por ello, de competencia. El éxito en la rivalidad podía tener diversos significados: provecho, mejoramiento del estatus social, poder político o militar; en realidad, si se tenía la inclinación, significaba vida y muerte cabales. Como se dijo, el darwinismo biológico propugnaba este argumento y recurría a él; asimismo, lo incluyó en su aura de

verosimilitud científica. El individualismo categórico y la competencia, que aseguraban cierta ventaja reconociblemente deseable al triunfador, eran esenciales para el dogma del darwinismo social. La selección natural parecía igualmente eficaz en la naturaleza y en la sociedad.

La metáfora del organismo social entró también en la mayor parte del discurso social darwiniano. Esta antigua metáfora, vuelta a acuñar para el siglo XIX por los historiadores y los filósofos naturalistas alemanes, presentaba alternativas rivales del darwiniano social. Por una parte podía hacer hincapié en la integridad y en el delicado equilibrio del organismo. Es cierto que tal opinión prohibía todos los esfuerzos de reforma mayor o súbita de las condiciones sociales; esta versión del organismo social era una llamada al gradualismo y a la no interferencia en las prerrogativas de la naturaleza. Sin embargo, el reformador social podía apelar a la bien conocida adaptabilidad de los organismos. Hacía hincapié en la capacidad de reacción de los organismos a las condiciones ambientales cambiadas y fundaba sus esperanzas de mejora social en la capacidad del hombre para entender y luego controlar su ambiente. Ambas posiciones representan honradamente al darwinismo social pero, aunque ambas tuvieron numerosos partidarios, el darwinismo social era generalmente un movimiento de tinte más bien conservador.

Toda discusión del darwinismo social lleva directamente a considerar el desarrollo y la delimitación de las ciencias del hombre. El papel de Herbert Spencer, un darwiniano social dirigente, y su relación con las corrientes decisivas del pensamiento social continental, se examinarán en el capítulo siguiente. Dos ejemplos ilustrarán aquí las tendencias de pensamiento en el darwinismo social convencional. Vienen de los Estados Unidos y de Prusia, el primero afirmando sus destinos manifiestos después de la desunión de la guerra civil y el segundo embarcándose simultáneamente en el último y exitoso impulso para unir las largamente fragmentadas Alemanias. Desde alrededor de 1860 ambos estados entraron en una era de rápida y generalmente rapaz industrialización. Bienestar, poder y estatus estaban por ganarse; necesariamente serían para el más fuerte. Parece apenas fortuito que los Estados Unidos a partir de 1865 y el Imperio Alemán un tanto después, criaran a los más entusiastas y ásperos darwinianos sociales y que especialmente esa doctrina les ofreciera credibilidad para los argumentos del racismo en progreso.

William Graham Sumner (1840-1910) estaba satisfecho con crear sólo la

base competitiva intrínseca y valiosa de la organización social. El factor crítico era la proporción entre hombre y tierra, siendo la tierra la fuente última de bienestar. A medida que aumentaba el valor de esa proporción, se elevaba la lucha competitiva. La aptitud social sería medida por el dinero: "los millonarios son un producto de selección natural que actúa sobre todo el conjunto de los hombres para escoger a aquellos que puedan cumplir los requisitos de cierto trabajo por hacer". Bajo condiciones competitivas severas, la democracia era indeseable y errónea. Todos los empeños en la acción social para mitigar las dificultades y el sufrimiento de las masas eran igualmente extraviados; la sociedad era un organismo y cambiaría sólo al paso (lento) que ella imponía y no el hombre. Sumner, primero predicador y luego profesor de sociología de Yale, perpetuó los valores protestantes tradicionales de trabajo duro y frugalidad y se retiró indignado de las ilusiones de igualitarismo estadunidenses del siglo XVIII. El objetivo, las premisas y el argumento de Sumner eran sociológicos; tomaron prestadas del darwinismo terminología, modernidad y aparente esencia.

El pensamiento germánico se infectó por completo de darwinismo social sólo después de 1890. Encontró una tradición ya muy viva, la idea de un *Volk* germánico (un grupo o "pueblo" idealizado), física y espiritualmente unido, cuya unidad, cuyo supremo mérito eran indudables, únicos, y estaban estrechamente relacionados con el campo alemán. La idea del *Volk* y los temas darwinianos sociales se combinaron para producir una conciencia racial que abarcó del recato al fanatismo orgullosamente brutal.

Alfred Ploetz (1860-1940) ilustra la moderada base sobre la cual pudo trazar y construir el barbarismo racial nazi subsecuente. Ploetz, quien murió siendo profesor en el Berlín de Hitler, empezó a crear una ciencia de higiene racial en 1895. Su enfoque era, en contraste esencial con muchos de sus sucesores, generalmente humano. Abogaba por el mejoramiento racial mediante la selección adecuada del compañero; la reproducción controlada, si se reforzaba socialmente, llevaría en forma gradual a una nación más saludable y racialmente deseable. No obstante, su plan incluía la revisión de los recién nacidos hecha por expertos nombrados oficialmente así como la decisión acerca de si el niño era racialmente aprovechable o tenía que eliminarse inmediatamente. Para Ploetz, la "raza" era toda la humanidad. Para otros, y particularmente para los futuros teóricos nacionalsocialistas, esa opinión era sentimental y demasiado ecuménica. Existían muchas y distintas razas, de las cuales la aria o nórdica era la mejor y la hebrea, obviamente, la

peor. Para el ardiente racista o nazi difícilmente bastaría la mera regulación de la reproducción. Había que tomar medidas severas: esterilización; segregación social, legal y económica; y la infame solución final: exterminación racial en masa.

Ciertamente el darwinismo social no necesariamente tiene que haber contribuido a tan deplorables conclusiones y acciones. Sin embargo, no puede negarse que la seudociencia sociobiológica, que era en mucho el darwinismo social, atraía a sus proponentes no sólo debido a su tono científico sino que ofrecía justificación para la acción despiadada individual o social. Muchas personas, en los Estados Unidos continúan apelando a la biología para no remediar o explicar el racismo o el etnocentrismo endémicos (contra italianos o indios, judíos o negros) tan intensos en ese país. Por supuesto, el racismo virulento introdujo juicios de valor que no se derivan del estudio científico de las diferencias biológicas. No obstante, la tentación de hacerlo así siempre ha estado presente y fue muy estimulada por haber extendido los temas evolucionistas darwinianos hasta el análisis social. Los biólogos responsables han deplorado desde hace mucho esta práctica, siguen creyendo necesario ofrecer una consideración sana del significado biológico de raza y tratan de contravenir la aplicación equivocada e injustificada de sus conclusiones.

Transformaciones

La llegada de la teoría evolucionista ofreció en la biología una alternativa al relato cristiano tradicional de la creación. El creacionista y el evolucionista compartían un interés en las adaptaciones orgánicas y en la diversificación de las especies. Su manera de explicar esos hechos primordiales de la historia natural científica revela, sin embargo, la diferencia fundamental en sus resultados y sus aspiraciones. El uno asignaba eficiencia causal a un ser o a una voluntad sobrenaturales, el otro trataba de explicar los fenómenos sin ir más allá de los medios naturales y, por lo tanto, de la experiencia. Siempre fue posible una apariencia de compromiso; solía tomar la forma de asignar los fenómenos a leyes naturales que a su vez eran producto directo de sabiduría y poder creativos. Esto no satisfaría, lo cual es suficientemente razonable, a aquellos que buscaban una explicación puramente naturalista.

Darwin y Wallace han demostrado que las transformaciones orgánicas eran la regla y no la excepción en la naturaleza. Ellos y sus partidos apoyaron

su conclusión aportando pruebas que excedieron, tanto en cantidad como en pertinencia, a todo lo que se había reunido antes. Recurrieron a ese material, pero lo hicieron así con un propósito bien definido: el de documentar el curso de la evolución. Ese mismo objetivo dictó también en no menor grado la dirección de sus propias investigaciones originales. Darwin y Wallace exploraron además las posibles explicaciones del cambio orgánico y, por supuesto, lo asignaron a la selección natural.

Dentro de la biología, el triunfo de la evolución por selección natural presentó oportunidades inesperadas. La descendencia evolutiva sirvió como foco alrededor del cual obtuvieron orientación y lograron renombre las especialidades biológicas en desarrollo. Raro sería el paleontólogo, anatomista o embriólogo de la década de 1870 que no hubiera relacionado su trabajo con la doctrina evolucionista o no hubiera adoptado una postura claramente favorable (o desfavorable) con respecto a la noción de la selección natural de Darwin y Wallace. La biología descriptiva y clasificadora de fines del siglo XIX estaba totalmente infiltrada por los temas evolucionistas y sus objetivos, así como su práctica, eran determinados ampliamente por ellos. Sin embargo, los fisiólogos se mostraban más divididos acerca de los méritos de las propuestas de Darwin y a menudo altamente dudosos de su pertinencia para la biología funcional.

En un siglo de ciencia el éxito del darwinismo escasamente podía dejar de atraer la atención. Comúnmente se creía que la ciencia ofrecía certeza consumada para el entendido, por ello fue inevitable que el darwinismo fuera saqueado para llegar a conclusiones morales, sociales, políticas y de todos los demás tipos no biológicos. Si el hombre, después de todo, era un animal, entonces con toda seguridad él y su sociedad deberían estar sujetos a las conclusiones elaboradas por la ciencia de los animales. Aunque pueda parecer simplista (y en realidad lo sea) este argumento dio crédito y vigor a una gran parte de la darwinización social popular. Por lo tanto, no es sorprendente observar que hacia 1900 se gestaba una ciencia autosuficiente del hombre, que valientemente trataba de desarraigar las oscuridades y los errores considerados como herencia del darwinismo.

V. SER HUMANO

La iniciación del estudio científico del ser humano, a menudo, se asocia a la llegada del darwinismo. Es cierto que esta opinión fue proclamada por los mismos biólogos evolucionistas recién definidos. En 1863 Thomas Huxley anunció que "el dilema de dilemas para la humanidad, el problema subyacente a todos los demás, que es más profundamente interesante que cualquier otro, es el descubrimiento del sitio que ocupa el Hombre en la naturaleza". Darwin, en *El origen de las especies,* había sugerido precavidamente que por su hipótesis de la descendencia con modificación "se arrojaría luz en el origen del hombre y en su historia". Cuarenta años antes, el primer transformista sistemático, Jean Baptiste de Lamarck, había argumentado que el hombre, un "verdadero producto de la naturaleza, la última medida de los eminentes productos que [la naturaleza] puede producir en este globo, es un cuerpo vivo dentro del reino animal, que pertenece a la clase de los mamíferos". Y 40 años después de la publicación del *Origen*, Ernst Haeckel declaró enfáticamente que "la descendencia del hombre a partir de una serie extinta de primates del terciario no es una vaga hipótesis, sino un hecho histórico".

Entre Lamarck y Haeckel hubo una verdadera revolución en la conciencia que el hombre tenía de su pasado. Aunque Lamarck habló principalmente por las implicaciones de los principios de su ciencia, Haeckel, así como Huxley y otros numerosos estudiosos posdarwinianos del hombre, podían citar pruebas cabales de su declaración de que el hombre era al mismo tiempo producto y parte integral de la naturaleza. Sus pruebas se derivaban de la anatomía comparada, de los restos humanos fósiles y de las huellas de sociedades prehistóricas. Aunque eran incompletas y en parte se prestaban a seria duda, esas pruebas eran muy sugerentes. Durante el siglo XIX dieron lugar a numerosas especialidades notables, entre ellas la antropología física, la paleontología humana y la arqueología. Cada una de esas nuevas disciplinas era histórica en su aspecto y se concentraba en las relaciones físicas y los restos del marco humano o en los artefactos concretos de sus diversas culturas. En un sentido general, los antropólogos físicos se fijaban en los

especímenes individuales y los arqueólogos atendían más de cerca a las características culturales particulares del pasado. Pero el elemento histórico introducido, como veremos, a partir de distintas fuentes, obligaba siempre a una opinión más amplia. El interés en el ser humano puede muy bien haber abarcado más que la estructura o los artefactos de hombres individuales. Se podía tomar a toda la humanidad como objeto de la investigación y con frecuencia se hizo.

Ahí se abría una perspectiva muy diferente sobre el hombre. En el siglo XIX, siguiendo los antiguos intereses remodelados a la fuerza durante el siglo XVIII, se trató de recapturar la evolución de la mente humana. El hincapié podía hacerse en el hombre como ser moral y con igual facilidad en los aspectos físicos de la animalidad del hombre. "Moral" es una expresión convenientemente antigua. En un sentido estrecho y convencional se refería a la esencia del hombre vista a través de ojos cristianos. La descripción naturalista del hombre, puesta en movimiento por la escuela transformista y notablemente por los darwinianos, parecía que iba entonces a destruir por completo el ser moral del hombre (véase el capítulo IV). Pero la moral se refería también a los atributos pertenecientes a la mente y al carácter del hombre y, por consiguiente, a lo que comúnmente se aceptaba como la cualidad humana incomparable, la más genuina y la más alta: la razón. En este sentido se entenderá la "filosofía moral" de los siglos XVIII y XIX, una filosofía moral cuyas premisas influyeron profundamente en las ciencias del hombre en desarrollo.

Los filósofos moralistas del siglo XVIII postularon la unidad psicológica de la humanidad. En consecuencia, las extravagancias mentales de los individuos eran claramente menos interesantes e importantes que las propiedades de la mente compartidas por todos los hombres. Por consiguiente, el interés del estudioso se concentró en el hombre como ser colectivo o social. El mismísimo objeto de tal estudio era el hombre en sociedad o simplemente la sociedad. Las particularidades, ya fueran de la mente, del cuerpo o del ambiente cultural, asumían importancia sólo en tanto que contribuyeran a nuestra comprensión del desarrollo global de la humanidad. El factor histórico, por supuesto, siguió ofreciendo satisfacción explicativa, pero el modelo de esa historia era visto entonces como universal, incluyendo las sociedades de todos los tiempos y lugares y no como el registro confinado y minucioso de personas prominentes y acontecimientos individuales.

No debe suponerse que los protagonistas de la naturaleza individual y social del hombre y sus obras hablaran en oposición necesaria entre sí, o que los dos enfoques se excluyeran mutuamente en cualquier investigador dado. Sin embargo, es un hecho que el siglo XIX volvía la mirada más y más hacia los fenómenos sociales y descubría ahí problemas que requerían solución urgente, y sugerencias para crear una ciencia o ciencias fidedignas de la sociedad. El hombre era necesariamente el objeto de esa nueva ciencia como, no menos, era objeto del análisis darwiniano. Aunque el último tercio del siglo señala el periodo de nacimiento de las ciencias del hombre autoconscientes y firmes (psicología, antropología y sociología), se derivan principalmente de la filosofía moral y de la especulación sociopolítica de los años anteriores a 1859; deben muy poco al triunfo del darwinismo por lo que se refiere al contenido explícito. La conclusión popular de que el estudio científico del hombre depende ampliamente de los éxitos de la biología evolucionista requiere, por consiguiente, inspección crítica y capacitación seria.

EL HOMBRE: UNA UNIDAD CREADA Y EL HECHO DE LA DIVERSIDAD

El estudio del hombre, según se relata aquí, concierne exclusivamente al mundo cristiano. La ortodoxia cristiana requería la unidad de la humanidad. Dios el creador había formado a Adán, de él hizo a Eva y de esa pareja original descendía toda la humanidad. El relato de las escrituras fue reforzado poderosamente por los argumentos de san Agustín: el hombre era necesariamente uno y los pueblos de Europa y su perímetro, a pesar de sus aparentes diferencias, eran los descendientes de la primera pareja creada por Dios (monogenismo). Más importante aún, Cristo había venido sólo una vez, y era para buscar la salvación de todos los hombres. La promesa de vida, crucifixión y resurrección de Cristo simplemente era demasiado grande como para cerrársele a algún hombre. La opinión de Agustín, que sugería el pensamiento medieval tardío acerca de la relación de las formas y las sociedades humanas, estaba necesariamente confinada al pequeño mundo europeo.

Pero la Europa del Renacimiento era dilatable. Se iniciaba una era de exploración crucial. Los viajeros medievales habían mostrado notablemente poco interés en los pueblos extraños que encontraban. Los viajeros

posteriores a 1500, que buscaron riquezas, territorios, aventuras o almas por salvar, se impresionaron profundamente con la peculiaridad y la multiplicidad de los nuevos pueblos que encontraban. El cuerpo humano parecía modelado en innumerables formas distintivas; las costumbres y las maneras de la sociedad, del vestido a la morada, de la organización familiar a la práctica religiosa, del lenguaje a los modos de pensamiento, aparecían diversas, más allá de los más disparatados alcances de la fantasía humana. Una asombrada Europa cristiana estaba redescubriendo nerviosamente la diversidad humana.

¿Quiénes eran esos pueblos? ¿Qué conexiones, probablemente perdidas en la historia, habían tenido con Europa? La última pregunta era crítica, porque confrontaba la unidad de la humanidad, necesaria según las Escrituras, con los manifiestos y sorprendentes hechos de la diversidad humana. Se podía establecer la premisa de una diversidad primordial de la humanidad (poligenismo) y al hacerlo, por supuesto, prestar menor atención al relato mosaico de la creación. Ésa era la ruta a la herejía y, aunque no fue rara a partir del Renacimiento tardío y a través del siglo XIX, fue claramente menos deseable que cierta explicación según las necesidades de las Escrituras. Estaban disponibles dos alternativas principales. Se podría escudriñar de nuevo el libro del Génesis y encontrar ahí fuentes insospechadas de diversidad humana. Por ejemplo, se hizo mucho con las 10 tribus perdidas de Israel; se diseminaron como posibles antepasados de los etíopes, los ingleses o los indios americanos. Los descendientes de Caín, sin registrar en las Escrituras, podrían muy bien haber poblado el globo de tribus extrañas. Y ¿de dónde llegó la esposa de Caín, una compañera cuyo oscuro parentesco era una turbación constante para los lectores literales del Génesis?

La otra alternativa, rica en asociaciones con las ciencias de la vida, postulaba una creación unitaria ortodoxa seguida por la incesante acción modificadora del ambiente. La unidad podía ser conservada y la diversidad no menos aceptada; la una era primaria y la otra una producción natural secundaria, tal vez explicable. El ambientalismo era conocido y defendido por estudiosos griegos antiguos del hombre, más notablemente por los físicos hipocráticos y por Aristóteles. Desapareció en el Occidente cristiano hasta la revivificación clásica del Renacimiento y entonces volvió a adquirir un lugar seguro en las reflexiones europeas sobre la constitución y la distribución de la humanidad, en mucho a través de los esfuerzos de los teóricos políticos. Las influencias ambientales actuando sobre el organismo vivo, animal o

humano, desempeñaron, por supuesto, una función esencial en las doctrinas de los primeros transformistas, más notablemente en el sistema especulativo de Lamarck.

La necesidad de reconciliar la diversidad humana y el requisito de unidad de las Escrituras no habían disminuido en el siglo XIX. Las explicaciones ofrecidas seguían siendo llamativamente familiares. El poligenismo revivió en forma infrecuentemente decidida en los escritos (1830-1860) de los apologistas estadunidenses del racismo y la esclavitud. El ambientalismo se extendió hasta virtualmente todos los aspectos de la biología que trataban de la transformación de los organismos, incluyendo al hombre. La reinterpretación de las Escrituras, abarcando un interés especial en el relato mosaico de la creación, se encontraba entre las ocupaciones intelectuales más vigorosas y distinguidas del siglo. No fue inesperado que los darwinistas sintieran que aportaban una solución fresca a esos problemas. El tema de los orígenes era de interés menor para ellos. La "principal objeción filosófica a Adán —anunció Huxley— no era su singularidad, sino la hipótesis de su creación especial". Los darwinistas creían que, al contrario, en la hipótesis claramente errónea de Lamarck, su mecanismo para el cambio evolutivo (selección natural) contribuiría al estudio de las transformaciones orgánicas, tanto en el sistema como en el crédito científico. La diversidad del hombre, no menos que la de los animales y las plantas, podía, por lo tanto, explicarse satisfactoriamente. Se producía naturalmente y uno podía ser muy indiferente, según lo revelan las palabras de Huxley, con respecto a la condición primordial del hombre. La diversidad podía producirse ya fuera a partir de singularidad, ya de multiplicidad primordiales; la hipótesis de una creación especial era innecesaria, le faltaban pruebas confirmadoras y limitaba sin justificación el alcance de la investigación evolucionista.

EL LUGAR DEL HOMBRE EN LA NATURALEZA

Los darwinistas suponían confiadamente la animalidad del hombre y, mediante este hecho, la legitimación de la aplicabilidad de los métodos y del sistema conceptual de la biología al estudio del hombre. El descubrimiento de que el hombre es un animal no fue del siglo XIX. Esa conclusión era común en la Antigüedad clásica y, con las adecuadas reservas, encontró un hogar en la ortodoxia cristiana. La reserva crítica demandaba que el hombre fuera el único que poseyera un alma. Aristóteles le había concedido al

hombre además de las “almas” nutritiva y sensitiva, que compartía con los animales, un alma intelectiva o racional. Entonces, en el más alto nivel de su ser, el hombre ya había sido separado del resto de la creación. La doctrina cristiana aunque, por supuesto, atribuyendo al alma un significado nuevo y peculiar, apoyaba vigorosamente la misma discriminación. El hombre, al contrario que todas las demás criaturas, fue dotado por el creador con un alma. Esta posesión hacía sólo del hombre un ser libre y moral. Obviamente se estaba elevando el aspecto espiritual del hombre muy por encima de su constitución física y de su relación con otras criaturas. Ahí había un sesgo sistemático y persistente mostrado por todos aquellos que escogían estudiar al hombre, un conjunto de pensadores que, según se ha visto, estaban grandemente comprometidos con la singularidad de la humanidad.

Ese sesgo empezó a deshacerse sólo a fines del siglo XVII y parece haber seguido de cerca el reconocimiento de las diferencias físicas (y culturales) reales que separan a los hombres. Un anatomista y distinguido economista político de Oxford, William Petty (1623-1687), quien escribió en la década de 1670, explotó la idea común de la gran cadena del ser, para buscar tanto las diferencias entre el hombre y ciertos animales como las gradaciones distintivas entre los hombres mismos. Para este propósito, sólo podían emplearse características sobresalientes y fidedignas y éstas tenían que ser aprehendidas sólo por los sentidos. Tenemos que clasificar las variedades de la humanidad en tanto que sean “semejantes en forma y aspecto visible, que no por objetos de otros sentidos ni por operaciones internas del ánima”. Las cualidades físicas y no las espirituales se estaban transformando en el objeto principal para un número significativo de estudiosos de los animales y del hombre. Petty es simplemente ilustrativo de esa tendencia. Él y muchos otros que tomaron en consideración a los primates desde el punto de vista físico hicieron hincapié en la gran importancia clasificadora y antropológica de la forma de la nariz, de los labios y del hueso malar, el contorno facial y la forma del cráneo, la textura del cabello y el color de la piel. Hacia 1735 esa práctica estaba muy avanzada. En ese año apareció la primera edición de *Systema naturae*, de Carl von Linneo, obra crítica que, especialmente en sus ediciones posteriores, provocó una redistribución a gran escala de la clasificación animal y cimentó una ciencia segura y coherente de la historia natural. Linneo no sólo incluía al hombre en su catálogo del mundo vivo (designándolo como *Homo sapiens*) sino que trató, sobre las bases confusas de las características físicas y culturales, de trazar netas distinciones entre las

variedades de la humanidad.

En consecuencia, hacia el siglo XIX, el escrutinio y la tabulación de las características físicas del hombre habían progresado mucho. El éxito espectacular de la anatomía comparada en el cambio de siglo, un esfuerzo combinado de los científicos franceses, alemanes y británicos, sirvió sólo para destacar la verificación de las características animales del hombre. La anatomía y la etnología trabajaron unidas en el transcurso del siglo XIX en prosecución de criterios eficaces para la discriminación de las variedades raciales humanas. Entre ese tumulto de características físicas divergentes era evidente que, por lo menos en el mundo del presente, la acostumbrada unidad de la humanidad tenía que probarse severamente. Se describían razas humanas aparentemente permanentes, se hacía hincapié en su definición por asociación con prejuicios conocidos desde hacía mucho y, a pesar de sus implicaciones heterodoxas, volvía a la preferencia la noción de las diferencias primordiales entre los hombres. Nuestros antropólogos eran modernos hombres occidentales y su contacto creciente con pueblos extraños en ese entonces apoyaba menos el placentero sabor de pueblos y costumbres exóticas, que el serio intento de poner orden en la confusión de la condición humana. La solución fácil y aceptada era la de aislar las razas superiores y establecer los grados diversos de inferioridad de otros pueblos.

El etnocentrismo no era nada nuevo para el mundo occidental del siglo XIX. Aristóteles había separado a Helena del bárbaro. Este último, víctima de circunstancias inferiores, era aún un salvaje. En esa condición no era mejor que una bestia, porque le faltaba civilización, la marca más fidedigna de la condición humana, demostrada por la ley, la religión, la seguridad y la continencia sexual. El hombre ve fácilmente a otros hombres a través de los limitados anteojos de sus propias ideas. Las declaraciones universales de la cristiandad alcanzaban en forma rigurosa a toda la humanidad, pero proporcionaban el acceso a la salvación no para todos, como hombres, sino sólo como cristianos. El mundo cristiano estaba deficientemente preparado para una valoración desapasionada de las diferencias corporales y, sobre todo, culturales. El eminente filósofo moralista David Hume, fue maravillosamente explícito en materia de unidad humana. "Estoy dispuesto a sospechar de los negros", escribió en 1748,

> y en general de todas las demás especies de hombres (porque hay cuatro o cinco tipos diferentes) que sean naturalmente inferiores a los blancos. Nunca hubo una nación civilizada de ningún otro color que blanco, ni siquiera algún individuo eminente en acción o especulación. Ninguna

> manufactura ingeniosa entre ellos, ni artes, ni ciencias […] tal diferencia uniforme y constante no podría ocurrir, en tantos países y tantas edades, si la naturaleza no hubiera hecho una distinción original entre esas razas de hombres.

La declaración de Hume demuestra cuán fácilmente se había confundido un vasto complejo de características y comportamiento humanos: la "civilización", con todos los detalles culturales que denota el término, la capacidad mental y el aspecto físico. Por supuesto era de importancia crítica la implicación de que el color de la piel era un indicador fidedigno de todas las demás cualidades humanas.

La confusión entre intereses antropológicos y prejuicio racial probablemente llegó a su máximo en la llamada escuela estadunidense de antropología del periodo inmediato anterior a la guerra civil. Esa escuela, que incluía a Samuel Morton, un anatomista de Filadelfia; George Gliddon, un popularizador de las ciencias nacido en Inglaterra; y Josiah Nott, un médico de Mobile, Alabama, estaba particularmente interesada en la antropología física y todos ellos, a pesar de la piedad pública de la época, pugnaban por el poligenismo. Su estudio del hombre era una mezcla no homogénea de interés científico y compromiso social. A sus ostensibles pruebas científicas (medición de la capacidad craneana) se unían sugerencias de la arqueología y de la historia escrita, para demostrar que la humanidad había manifestado, en su estado averiguable más temprano, precisamente esas profundamente asentadas diferencias raciales tan conspicuas y necesarias en la actualidad. La antigua inferioridad del negro confirmaba en forma llamativa que no era un ser degradado en el presente, sino que disfrutaba de su estado inferior como parte de la constitución real de nuestro mundo. Por supuesto, era una persona muy adecuada para tareas serviles y para la condición de esclavo.

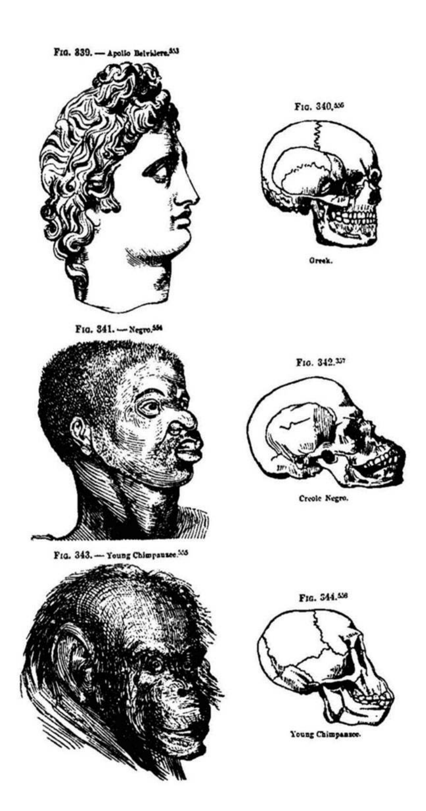


FIGURA V.1. La antropología física ha servido a muchos amos, pero tal vez ninguno precisó un mensaje tan explícito como la apologética esclavista de los antibelicistas Estados Unidos. Josiah Nott se empeñaba con vehemencia en exponer verbal y visualmente, sobre fundamentos ostensiblemente científicos, la condición casi bestial de una "raza" negra distinta de la humanidad: "Aunque no creo en la igualdad intelectual de las razas y no puedo encontrar razón alguna de tan popular creencia en la historia natural y en la historia humana, no pertenezco al grupo de aquellos que están dispuestos a degradar cualquier tipo de humanidad al nivel de los brutos de la creación. Sin embargo, uno tendría que estar ciego para no quedar anonadado por las semejanzas entre algunas de las razas más inferiores de la humanidad, consideradas como eslabones que conectan con el reino animal; tampoco podría afirmarse racionalmente que el orangután y el chimpancé estén más ampliamente separados de ciertos negros africanos y oceánicos que estos últimos de los tipos teutónico o pelágico". (Josiah Nott y George Gliddon, 1854.)

Esta asociación del estudio aparentemente serio del hombre y los sentimientos raciales fue un fenómeno prolongado. Aunque la literatura sobre el tema es vasta y los estudios modernos son numerosos, no se debe excluir de esta exposición cuando menos una breve noticia de otras áreas activas del interés del siglo XIX en el lugar del hombre en la naturaleza. Tal vez sólo una minoría de los antropólogos físicos, que en gran parte eran

poligenistas, era impulsada por intenciones explícitamente racistas. Un área de gran interés para esos hombres y una prueba no menos difícil para los intérpretes literales del libro del Génesis fue la paleontología humana. Antes de 1850 no se conocía ningún espécimen de fósil humano irreprochable. Con irreprochable se quiere indicar la asociación demostrable del espécimen con la indudable antigüedad del depósito mineral en el que se encontrara. Sin embargo, en 1856 se desenterraron los primeros restos fósiles humanos generalmente certificados en el Valle de Neander, en Alemania. Al sugerente hallazgo del hombre de Neanderthal se aunó pronto el descubrimiento (1868), en el sudoeste de Francia, del hombre de Cro-Magnon (claramente una variedad de *Homo sapiens*, que apareció en Europa hace alrededor de 35 000 años). Ernst Haeckel había insistido, durante mucho tiempo, en que el esquema evolutivo verdaderamente completo demandaba un "eslabón perdido" entre los monos antropoides (gorila, chimpancé, orangután, gibón) y los homínidos (hombre). Inspirado por la petición de Haeckel, Eugène Dubois, un paleontólogo holandés, buscó y encontró (1891) en la isla de Java los restos del más celebrado de todos los hombres prehistóricos: *Pithecanthropus.* Y en el siglo XX se descubrió una forma aún más antigua: *Australopithecus*, en África oriental. Estos especímenes datan todos del Pleistoceno. Burdamente, de hace un millón de años, y por lo tanto, le confieren al hombre una antigüedad inesperada.

La paleontología humana, poderosamente sugerente aunque sus pruebas fueran incompletas, se unió así a la anatomía comparada, enlazando al hombre aún más estrechamente con sus antecedentes animales. Huxley, un capaz estudioso de paleontología, así como de anatomía, captó perspicazmente la importancia de esas investigaciones:

> Puesto cara a cara con esas copias borrosas de sí mismo [la referencia es a los monos antropoides], el menos reflexivo de los hombres está consciente de un cierto choque debido tal vez no tanto al disgusto por el aspecto de lo que se ve como insultante caricatura, sino al despertar de una súbita y profunda desconfianza en las teorías honradas por el tiempo y en los prejuicios fuertemente arraigados con respecto a su propia posición en la naturaleza y a sus relaciones con el submundo de la vida.

Es cierto que ninguna evidencia puede ser tan persuasiva respecto a la antigüedad del hombre y sus raíces en el reino animal como la devuelta por la paleontología, presentando, como lo hace, casos concretos, si bien desconectados, del curso real de las transformaciones humanas. A pesar de las disputas a menudo feroces que rodeaban la identificación y la

interpretación de algunas de las formas fósiles, la recuperación de las huellas físicas del pasado del hombre probablemente ocupa el lugar más alto entre las contribuciones de los biólogos del siglo XIX a nuestra comprensión del lugar del hombre en la naturaleza.

Un segundo dominio de excepcional actividad y grandes logros con respecto al pasado del hombre fue la arqueología prehistórica. El interés en las antigüedades humanas pasó durante el siglo XIX de la recolección de agradables o curiosos artefactos a la búsqueda sistemática y la interpretación de esas huellas de culturas humanas extintas. Herramientas y armas de pedernal, fragmentos de cerámica, piezas trabajadas en hueso y otros innumerables artículos proporcionaron la materia prima para el arqueólogo. La ciencia progresó lentamente y mostraba la debida obediencia a los límites impuestos por las Escrituras acerca de la posible antigüedad de la humanidad. No obstante, se designaron amplias divisiones clasificadoras; el danés Christian Thomsen creó las familiares categorías de las edades de piedra, bronce y hierro, en 1836.

Y continuó la acumulación de materiales fidedignos, siendo particularmente valiosa la exploración de depósitos de cuevas del Pleistoceno tardío.

Tal vez el trabajo decisivo en la creación de la ciencia arqueológica fue la actividad de un oficial de aduana provinciano francés: Jacques Boucher de Perthes (1788-1868). El dragado de un canal en el valle del Somme en el norte de Francia expuso piedras labradas, Boucher de Perthes concluyó que eran herramientas (hachuelas) antiguas. Se encontraron en estrecha asociación con huesos de animales (extintos). En *Antiquités celtiques et antédiluviennes*[1] (1847-1864) argumentaba que esa evidencia demostraba claramente la existencia y la actividad de los hombres prehistóricos. Se hicieron descubrimientos similares en cuevas inglesas durante la década de 1850. Pero el amplio reconocimiento del mundo científico de la excepcional importancia de este trabajo llegó sólo en 1859, cuando una delegación oficial de la Real Sociedad de Londres anunció su cambio de opinión. Los arqueólogos demostraron claramente la existencia de hombre del Pleistoceno.

Desgraciadamente los grandes avances subsecuentes de la investigación arqueológica no pueden formar parte de esta breve historia de la biología. Sin embargo, la coincidencia de acontecimientos hacia 1860 demanda hacer un especial hincapié. Estaban convergiendo numerosos cursos de argumento y evidencia. La arqueología, la paleontología humana y la hipótesis de

transformación darwiniana se reunieron entonces y parecían expresar un mensaje común: podría demostrarse que el hombre y la sociedad humana eran antiguos; la prehistoria humana podría muy bien recrearse; el hombre era un animal y como tal, probablemente estaba sujeto a las mismas fuerzas transformadoras que las demás criaturas. Por consiguiente, se estaban preparando argumentos de tremendo significado para quienes elegían no sólo situar al hombre en la naturaleza sino sustraer de él todas las cualidades espirituales proporcionadas sobrenaturalmente. Ésas eran bases adecuadas para impulsar una nueva valoración de la naturaleza del hombre y del significado de su historia.

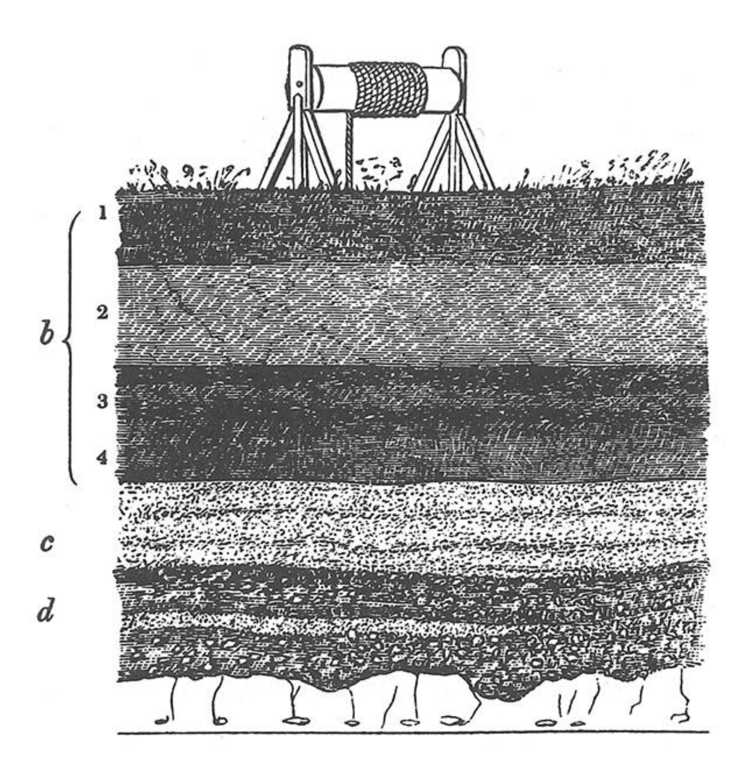


FIGURA V.2. El notable descubrimiento hecho por Boucher de Perthes, de la innegable presencia tanto de herramientas de pedernal como de restos de mamíferos extintos, en depósitos aluviales no alterados, fue confirmado por una delegación oficial de la Real Sociedad de Londres. El informe a dicha sociedad incluía este dibujo del corte de un pozo en St. Acheul en el valle del Somme. El nivel *"d"*, a metro y medio por debajo de la superficie, contenía la asociación de herramientas y fósiles que se buscaba. En los niveles "*a*" y "*b*" no había restos orgánicos y la presencia de herramientas de pedernal en el nivel "c" era dudosa; por debajo de todo este material y, por consiguiente, en el más antiguo de los lechos examinados, estaba el nivel que demostraba la coexistencia del hombre antiguo y los animales extintos. (Joseph Prestwich, 1860.)

UN ANIMAL SOCIAL Y SU HISTORIA

El hombre, había argumentado Aristóteles, es un animal social de necesidad. Divorciado de la compañía de otros hombres no puede realizar sus singulares poderes, permanece infeliz y carece de virtud esencial. Eran exactamente estas cualidades las que lo definían, y si faltaban (consecuencia de la existencia aislada) la verdadera humanidad era inalcanzable. Éste fue un argumento perenne y el que ha informado la mayor parte de la consideración occidental subsecuente, ya fuera cristiana o estrictamente secular, de la

organización de los asuntos humanos. Sea o no sea una manifestación únicamente humana, la condición social es de menor interés que el hecho de que la sociedad sea una característica distintiva de la humanidad. Como tal, puede ofrecer términos para un análisis más estrecho y especial y sugiere además la posibilidad de erigir una ciencia autónoma de la sociedad. De esta opción se apoderó audazmente el sociólogo francés Émile Durkheim, en las últimas décadas del siglo XIX. Sin embargo, su apasionado interés en la condición social del hombre había sido precedido por numerosas generaciones de observadores, reclutados especialmente de la historia, la moral y la filosofía política.

Como explicación histórica, el agudo sentido histórico característico de la civilización occidental ya se ha reconocido en este volumen. En los 200 años que siguieron a 1650 maduró primero el reconocimiento de la superioridad del pensamiento y la acción modernos sobre los antiguos, y luego la firme convicción de que ese cambio progresivo en realidad podría ser interminable. En su forma más optimista, lograda hacia fines del siglo XVIII, la idea de progreso se había liberado de toda restricción real. El hombre en el pasado había evolucionado a partir de una etapa de cazador socialmente informe hasta la de nómada pastor y luego había alcanzado una etapa agrícola, sedentaria y socialmente estable. Su ascenso lo llevó en seguida a la actividad industrial y, en último término, a las inesperadas complejidades de la sociedad urbana. El desarrollo moral e intelectual acompañó al proceso evolutivo social y le proporcionó la dinámica crítica. Naturalmente, sólo el hombre occidental ha llegado hasta ahora a esos niveles más altos.

Estos temas formaban la sustancia de lo que llegó a designarse como historia universal y otras veces historia de conjetura. Un vocero dirigente del arte, el hombre de estado francés Anne Robert Jacques Turgot, declaró en 1751 que:

> la combinación continua de su progreso con las pasiones y con los acontecimientos que éstas han producido, constituye la *historia de la humanidad.* En ella, cada individuo no es más que una parte en un inmenso todo que, como el hombre mismo, presenta su infancia y su desarrollo. Por consiguiente, la *historia universal* incluye la consideración de los cambios sucesivos de la humanidad y el estudio de las causas que la han hecho avanzar.

Cuarenta años más tarde (1794), el marqués de Condorcet reiteró y desarrolló esta gran doctrina, señalando espectacularmente hacia arriba, hacia el progreso moral, al comentar que ‘‘pasamos por gradaciones imperceptibles desde el bruto hasta el salvaje y desde el salvaje hasta Euler y Newton”. A

partir del manifiesto clásico de Condorcet (*Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain*, 1795)[2], de las nuevas doctrinas alemanas metafísicas e históricas y de los escritos de los filósofos moralistas escoceses, el siglo XIX recibió instrucción útil en los requerimientos de la historia universal.

La historia universal dejaba de hacer hincapié en el individuo. Además, la cronología exacta era menos importante que el reconocimiento de los movimientos históricos principales, como la naturaleza y el orden de sucesión de las etapas de la evolución del hombre. Es supremamente importante que la historia universal haya proporcionado un lugar legítimo para el hombre no datado, es decir el hombre que todavía tenía que elevarse hasta un estado verdaderamente civilizado. El estado primitivo se transformó, por lo tanto, en un componente genuino y esencial del proceso evolutivo humano total. Hacia 1800, la gran cadena del ser había llegado a ser más un proceso temporal que un plan fijo para la disposición del orden de las cosas existentes en el presente, incluyendo plantas, animales y hombres. Desde el punto de vista del estudio del hombre, la universalidad de este proceso no sólo aseguraba a los estudiosos que el hombre primitivo disfrutaba de un lugar necesario (y por supuesto inferior) en el esquema explicativo, sino que también recordaba la declaración fundamental de las Escrituras sobre la singularidad de la humanidad.

Durante el siglo XIX la historia universal, mucho más, sin duda, que la interpretación escritural y el ambientalismo e incluso que las doctrinas transformistas, ofrecía una solución fácil para el hecho evidente y perturbador de la diversidad humana. Y con esta solución surgió el arma de investigación antropológica predominante en ese siglo, el método comparativo. La unidad de la humanidad, esa necesidad y ese "hecho", la explicaba fácilmente la historia universal aceptando en forma tácita o explícita el relato ortodoxo de la creación y postulando un orden de sucesión común en el desarrollo para todos los hombres de todos los tiempos y naciones. Este último hecho o más bien esta extravagante hipótesis resolvió entonces la cuestión de la diversidad humana. Los hombres eran diferentes porque habían alcanzado niveles diferentes en una escala evolutiva progresiva y única. Todos los hombres poseían el potencial de avanzar; algunos lo habían hecho y otros no; ciertamente, eran de esperarse cambios futuros.

Un misionero jesuita francés que llegó al Canadá francés, Joseph Lafitau,

recibe comúnmente el crédito de haber sido el primero que se declaró por el método comparativo y que lo explotó por completo. Lafitau había esperado comprender las formas de vida de la Antigüedad grecorromana y en el salvajismo canadiense descubrió la solución viviente de su investigación. "He sido satisfecho", observaba en 1724:

> por comprender el carácter de los salvajes y haber conocido sus costumbres y prácticas. He buscado en esas costumbres y esas prácticas indicios de la Antigüedad más distante; he leído con cuidado a los escritores más antiguos que trataron acerca de las maneras, las leyes y los usos de los pueblos que conocían; he comparado esas maneras unas con otras y confieso que, aunque los antiguos escritores me han dado datos en los cuales basar algunas suposiciones afortunadas que conciernen a los salvajes, las costumbres de los salvajes me han dado la posibilidad de comprender más fácilmente y de explicar muchas cosas que están en las obras de los autores antiguos.

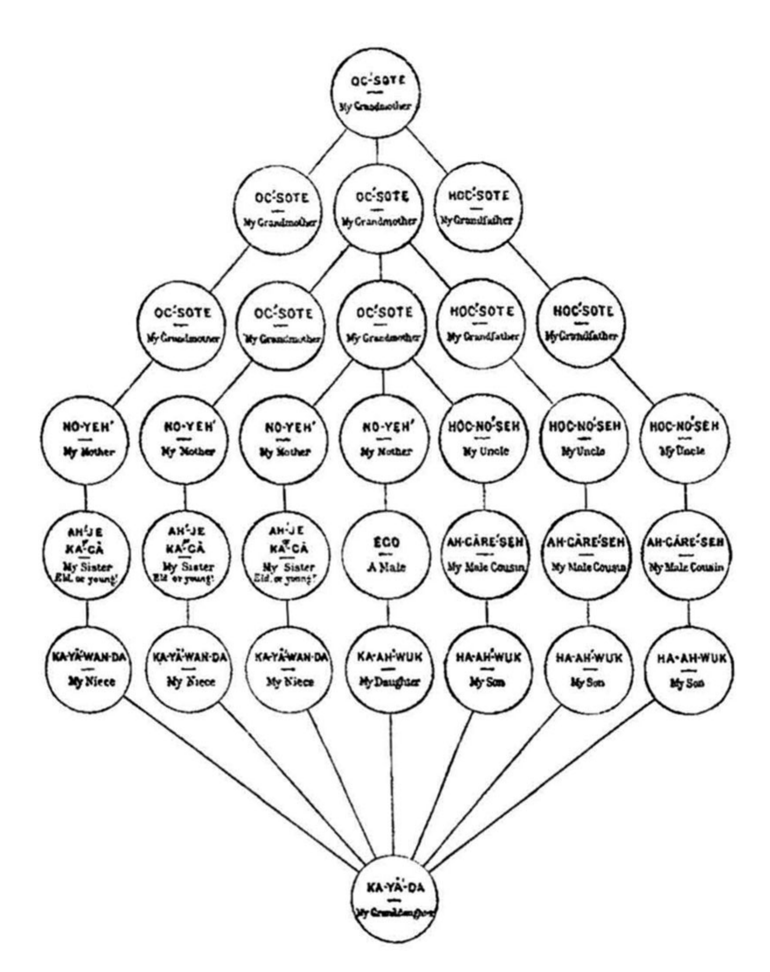
El método comparativo era un dispositivo notablemente simple. Si se da un curso común de todo el desarrollo humano, puede tomarse cualquier periodo particular (por ejemplo, el presente) y esperarse encontrar, entre la gran heterogeneidad existente de los pueblos diseminados en el mundo, material para la reconstrucción de la historia humana en su totalidad. Sobre todo, los salvajes modernos (los canadienses de Lafitau) podrían usarse para ayudar a recrear las maneras y el pensamiento de las naciones cuyos restos han quedado cubiertos durante mucho tiempo desde entonces. La premisa determinativa en todo ello era la comparabilidad real de sociedades humanas aparentemente divergentes. La práctica, como la doctrina de recapitulación de los biólogos, de la que el método comparativo probablemente sea el antecedente y el aliado conceptual definido, estaba abierta a escandalosos abusos. Lafitau usó canoas y botes esquimales, por ejemplo, para interpretar antiguas inscripciones egipcias. Tales esfuerzos, algunos más extremados y otros más precavidos, se repitieron *ad infinitum* durante todo el siglo XIX y sin duda contribuyeron a hacer del método comparativo el procedimiento de peor reputación para el antropólogo moderno.

Fue en el contexto de esos estudios comparativos donde la antropología definió sus primeros objetivos y se constituyó a sí misma como ciencia. Este logro fue, en mucho, labor de los llamados antropólogos evolucionistas del periodo posdarwiniano. Los antropólogos evolucionistas principales, incluyendo al prehistoriador inglés John Lubbock (1834-1913), al abogado estadunidense Lewis Henry Morgan (1818-1881) y a Edward Tylor (1832-1917), un exponente diestro y crítico del punto de vista evolucionista y del estudio de la cultura, argüían que el hombre es un ser social que crea

cultura humana. La cultura, un término misceláneo que abarcaba la mitología, la organización y terminología familiares, la tecnología y además las artes, el lenguaje y la moralidad, era, en consecuencia, un producto histórico. El hombre en estado salvaje mostraba logros culturales mínimos; el hombre en la Europa industrializada del siglo XIX representaba el mayor logro humano de la civilización. La continuidad estricta del proceso evolutivo o histórico unía al salvaje y al europeo y a todas las formas intermedias. Aunque permitía desviaciones ocasionales del curso de la historia humana y hacer hincapié en los “supervivientes” de antiguos artefactos culturales en las sociedades modernas, los antropólogos evolucionistas generalmente eran abogados del progreso y de la validez y utilidad del método comparativo.



V Great Grandfather's Grandfather.
V P. Great great Great Aunt.
IV Great great Grandfather.
V P. Great great Great Uncle.
V P. Great great Great Aunt's Daughter.
IV Paternal Great Great Aunt
III Great Grandfather.
IV Paternal Great Great Uncle
V P. Great great Great Uncle's Son
V P. Great great Great Aunt's Granddaughter
IV P. Great Great Aunt's Daughter.
III Paternal Great Aunt
II Grandfather
III Paternal Great Uncle.
IV P. Great great Uncle's Son
V P. Great great Great Uncle's Grandson
V P. Great great Great Aunt's Great Grand Daughter.
IV P. Great Great Aunt's Grand Daughter
III P. Great Aunt's Daughter.
II Paternal Aunt
I Father.
II Paternal Uncle
III P. Great Uncle's Son
IV P. Great great Uncle's Grandson
V P. Great great Great Uncle's Great Grand Son.
IV Third Cousin P. Great great Aunt's Great Grand Daughter.
III Second Cousin P. Great Aunt's Grand Daughter.
II First Cousin Paternal Aunt's Daughter
I Sister.
I
I Brother.
II First Cousin P. Uncle's Grand Son
III Second Cousin P. Great Uncle's Grandson
IV Third Cousin P. Great great Uncle's Great Grand Son
IV P. Great Aunt's Great Grand Daughter.
III Paternal Aunt's Grand Daughter
II Niece Sister's Daughter
I Son
II Nephew Brother's Son.
III Paternal Uncle's Grandson.
IV P. Great Uncle's Great Grand Son
IV Paternal Aunt's Great Grand Daughter.
III Great Niece Sister's Grand Daughter.
II Grandson.
III Great Nephew Brother's Grand Son
IV P. Uncle's Great Grandson



FIGURAS V.3 y V.4. El análisis de la relación familiar, en sí un indicio excelente de las estructuras fundamentales de una sociedad, es un objetivo primario de la antropología moderna. Una valiosa herramienta para tal análisis es la acumulación y la tabulación de los términos corrientes en una sociedad para designar esas relaciones. Los famosos diagramas de Morgan del sistema inglés (V.3) y del sistema senecairoqués (V.4) de consanguinidad proporcionan un importante punto básico histórico para el método lingüístico en el análisis del parentesco. (Lewis Henry Morgan, 1871.)

Sin embargo, ya había surgido la cuestión de los usos de la antropología. El método comparativo puede iluminar ya sea el pasado o el presente. El objetivo de un grupo de investigadores, incluyendo a Lafitau y Morgan (las investigaciones de este último acerca de los usos del lenguaje de iroqueses y ojibways [1871] se abrían en la vasta disciplina del análisis familiar), era recuperar el pasado. Esto se hacía por apreciación de la riqueza cultural y la diversidad de los salvajes modernos y de etapas culturales menores y disponiéndolos en orden histórico (hipotético). Pero otros, notablemente Tylor, preferían comprender su propio estado, es decir, un estado cultural avanzado. Sólo la explicación histórica podía proporcionar tal comprensión. En 1865 declaró:

> En verdad es apenas demasiado decir que la civilización, siendo un proceso de crecimiento largo y complejo, sólo pueda entenderse por completo cuando se estudia a través de toda su gama; que continuamente se necesita al pasado para explicar el presente y el todo para explicar la parte.

Por consiguiente, Tylor no se comprometió en la reconstrucción histórica a gran escala. Trataba en cambio de captar y valorar los elementos comunes y persistentes de la experiencia cultural humana. Sin embargo, los esfuerzos de Morgan llevaron a un monumento principal de la historia de conjetura: *Ancient society** (1877). En esta obra, las etapas del progreso humano se relacionaban estrechamente con las condiciones materiales y el refinamiento tecnológico de la sociedad. El argumento de Morgan impresionó grandemente a Friedrich Engels y su libro ha seguido siendo altamente favorecido por los materialistas dialécticos marxistas.

Estos usos del método comparativo y la orientación general que imponían en el pensamiento antropológico de fines del siglo XIX, probablemente representen tendencias divergentes y no una dicotomía rígida. Cualquiera que fuese su objetivo, la premisa esencial del antropólogo evolucionista era la naturaleza histórica del hombre y la cultura, de la sociedad y sus productos. Cuando se examinaban los hombres primitivos o no civilizados, el individuo llamaba la atención menos que la composición de la sociedad de la que formaba una parte esencial, pero menos interesante. Este hecho parece una consecuencia inevitable del método comparativo y de la aspiración hacia la historia universal, en cuyo contexto ese método encontró tanto inspiración como justificación. El siglo XIX se anunciaba a sí mismo como una edad de individualismo, y no obstante, sus eruditos y críticos perseguían el aspecto social del hombre y se vanagloriaban de ello. En la década de 1890, esa

demanda de una ciencia de la sociedad, una sociología, pasó de la aspiración a la formulación preliminar.

ESTUDIOSOS DE LA SOCIEDAD

En las doctrinas de Auguste Comte puede encontrarse el estímulo principal para el análisis social autoconsciente. Comte (1798-1857), un filósofo social francés dedicado fanáticamente a los ideales gemelos del orden social y del progreso y a elaborar una sistematización intelectual, había especificado cuidadosamente tanto un orden de sucesión evolutivo unilineal para la sociedad como una clasificación de las ciencias que aseguraban a la sociología (el término es de Comte) un alto estatus. Su regla de las tres etapas del pensamiento y la sociedad: teológico, metafísico y positivo (o científico) anunció la inevitable y progresiva aventura histórica de la mente humana. Comte era el heredero de la elevación dogmática de la razón hasta la posición suprema entre las cualidades humanas, característica del siglo XVIII. En la etapa positiva la razón finalmente quedó libre de tendencias o compromisos emocionales y doctrinarios nocivos y de larga duración. El positivista era científico, significando que sus ideas eran claras y seguras porque se basaban siempre en referencias fenomenológicas definidas. No buscaba la esencia de las cosas; su investigación era la de la especificación exacta de la relación entre dos o más acontecimientos. Prefería la noción matemática de función, esperando siempre especificar, en las ciencias de la naturaleza o de la sociedad, los términos exactos que denotaran cómo se relaciona el cambio de un fenómeno fundamental con el cambio de un fenómeno dependiente (o cómo lo causa).

Comte anunció (más sistemáticamente en *Cours de philosophie positive*, 1830-1842)[3] que las ciencias mismas presentaban una jerarquía. Las matemáticas, la ciencia de la pura relación, habían sido desde hacía mucho tiempo positivas y la astronomía, la física y la química, en ese orden, también se habían vuelto positivas. Asimismo, en la pasada generación la biología se había ganado su categoría como ciencia. Era el momento oportuno para elaborar la penúltima ciencia, la sociología (la ética, como fundamento de la tardía y rara Religión de la Humanidad de Comte, era probablemente la última ciencia). El efecto de este esquema, cualesquiera que fueran los méritos de las especulaciones altamente personales de Comte sobre la naturaleza de la sociedad humana, fue situar el estudio de la sociedad en

forma inextricable entre las ciencias. Ahí había una proclamación de fe y un programa para que lo explotaran futuros estudiosos de la sociedad. El objetivo de Comte era un artículo familiar para los estudiosos de la sociedad de fines del siglo XIX. Sin embargo, a pesar de la gran prosperidad de la doctrina positivista y del vocinglero aunque escaso conjunto de los discípulos de Comte, sus profundas esperanzas en formular un método útil y una definición precisa de una ciencia genuina y autónoma de la sociedad, no encontró su primera realización hasta las publicaciones de Durkheim, en la década de 1890. Pero antes, la visión de Comte llegó a obsesionar la autoestima de Herbert Spencer, un antiguo ingeniero de ferrocarriles convertido en filósofo político y metafísico. Spencer, durante la década de 1850 y más completamente en sus tratados sobre sociología publicados entre 1873 y 1896, también había puesto cimientos para erigir una nueva ciencia de la sociedad. Aunque compartía con Comte un sesgo evolucionista general y el interés meticuloso en la clasificación de las ciencias, Spencer sintió que su sistema había nacido completamente libre de cualquier influencia de las doctrinas del filósofo francés. Spencer puede haber sido generalmente correcto, pero durante toda su carrera manifestó aguda sensibilidad ante los cargos de que sus ideas derivaban de su predecesor (Comte mismo había negado airadamente toda deuda con su maestro, Henri de Saint-Simon).

Spencer (1820-1903) era el filósofo más popular y el más prolífico metafísico del periodo victoriano. Sus idiosincrasias, tan singulares como la inexorable ingenuidad de su grandioso sistema filosófico, caracterizaron la filosofía sintética. Como la filosofía positiva de Comte, el sistema de Spencer era altamente deductivo y estaba destinado a abarcar la totalidad de la experiencia humana. En esto también, igual que Comte, Spencer trataba de situar la sociología correcta y firmemente entre las ciencias. Pero las semejanzas entre estas dos doctrinas, que suelen considerarse como los puntos ideológicos básicos de la definición subsecuente del alcance y los métodos de las ciencias sociales, no deben oscurecer las diferencias fundamentales que las separan. Comte y Spencer eran igualmente evolucionistas, que prestaban gran atención a las transformaciones históricas de la sociedad humana, pero sus doctrinas evolucionistas específicas eran radicalmente distintas una de otra. Comte postulaba una escala de ascensión rígida sin ramificaciones, mientras que Spencer, también progresivo en espíritu, hacía hincapié en la diversificación sin límites de los productos evolutivos. Por supuesto sus doctrinas sugerían conclusiones muy diferentes.

Diferían no menos profundamente en el sitio preciso que debía acordarse a la sociología entre las ciencias y en cómo podría recurrir la nueva disciplina a sus asociados menos científicos.

Aunque fundada sobre el orden lógico de las ciencias, que se hacían más y más positivas, la sociología, argüía Comte, tenía necesariamente que definir sus propios intereses y sus medios de investigación. Todas las ciencias eran en último término definidas por su tema, es decir, por los fenómenos de los que tratan, y estaba claro que para la sociología ese tema tenía que ser la sociedad humana. En consecuencia, la sociología no podía verdaderamente derivarse de o basarse en la biología, entre cuyos intereses estaba, por supuesto, el hombre como animal. Nada de esto postulaba Spencer. Para él, las ciencias formaban una unidad. El contenido de la biología era críticamente importante para cualquier consideración de la sociedad. La estrecha concentración de Comte en la razón o las ideas, como la dinámica del proceso evolutivo ejemplificada en la regla de las tres etapas, eliminaba erróneamente lo que Spencer consideraba como elementos últimos (materia y movimiento) en cualquier sistema metafísico válido. El sistema total de Spencer era, filosóficamente, realista y no idealista como el de Comte o, más tarde, Durkheim.

Spencer integró completamente a la biología en su sistema filosófico y prescribió la preparación en esa ciencia (y también en psicología) como preliminar necesario para abordar las cuestiones sociales. La importancia de la biología es que proporciona

> una teoría adecuada de la unidad social: el hombre. Porque aunque la biología —continuaba Spencer (1873)— está conectada en forma mediata con la sociología, por un cierto paralelismo entre los grupos de fenómenos que ambas tratan, está conectada en forma inmediata con la sociología, porque tiene dentro de sus límites a la criatura cuyas propiedades originan la revolución social. El ser humano es al mismo tiempo el problema terminal de la biología y el factor inicial de la sociología.

Las "propiedades" del hombre "originan la evolución social"; esta expresión implica el concepto de Spencer del hombre individual, la organización social y el proceso evolutivo y con ello, obviamente, la importancia de la biología. El hombre y la sociedad toman su sitio en el proceso evolutivo cósmico. Este proceso, anunciaba Spencer, se movía inexorablemente desde lo homogéneo hasta lo heterogéneo, es decir, desde una sustancia (materia) fundamental amorfa y completamente indiferenciada, hasta entidades formadas y progresivamente más complejas. La esencia de

todo el cambio evolutivo (y tal cambio era la característica suprema del designio cósmico) era la diferenciación inexorable y progresiva. El proceso empezaba en el mundo inorgánico, avanzaba hasta las formas inferiores de vida y continuaba hasta los animales superiores y el hombre. Ese mismo proceso evolutivo continuaba hasta dirigir el organismo social. Spencer, no menos que Comte y que la mayoría de los teóricos sociales del siglo XIX, invocaba libremente la antigua metáfora del organismo social. La metáfora anunciaba que la sociedad, como la planta o el animal, era una totalidad dinámica cuya integridad funcional, fuera cual fuese su origen, era conservada por el simple hecho de que todas las partes y los procesos estaban claramente adaptados unos con otros y con el sitio de la criatura en la naturaleza. En situación normal o sana, el organismo (ya fuera vegetal, animal o social) conservaba, por consiguiente, su individualidad, y prosperaba según los términos dispuestos por su forma y sus funciones.

La filosofía social evolutiva de Spencer adquirió más tarde un brillo de darwinismo y llegó a parecer contemporánea de esa doctrina. Pero había sido esbozada durante la década de 1850, en completa ignorancia de las hipótesis de Darwin en maduración entonces y todavía no publicadas, y conservó la independencia de su interés central: el análisis social como base de la acción social o de la abstinencia de acción. Detrás de toda la metafísica y la ciencia, el blanco de Spencer no era distinto del de Comte y más tarde, Durkheim. Uno no disecaba simplemente a la sociedad en forma desapasionadamente consumada; uno estudiaba la sociedad para establecer fundamentos inteligentes y eficaces para hacer frente a los asuntos diarios de las relaciones humanas, el amplio dominio de la política. Comte, en su religión de humanidad, ofrecía una noción distinta de las necesidades de una sociedad ideal. Spencer recurrió a su propio análisis de la sociedad para describir los peligros inherentes a hacer cambios indiscriminados o repentinos a gran escala en la sociedad. El concepto de Spencer del cambio social era evolucionista, no revolucionario y formaba parte de una filosofía política conservadora.

Era el individuo el que dominaba el pensamiento de Spencer, el estudiosos de los fenómenos sociales. En términos políticos, esto acarreaba la defensa de la apologética económica prevaleciente de *laissez-faire* y la apreciación del "efecto estabilizador, igual en pensamiento y en acción" que ejercería la doctrina de la evolución sobre los reformadores sociales demasiado vehementes. En términos de análisis social, sugiere la calidad

realmente tradicional de las ambiciones sociológicas de Spencer. No consideraba la sociedad como un objeto *sui generis* que manifestara propiedades únicas y demandara nuevas y peculiares herramientas para su estudio. La sociedad era en cambio un agregado, un agregado virtualmente mecánico de los muchos elementos que entraban en su formación. Esos elementos eran individuos: átomos y moléculas para los agregados inorgánicos, células para las plantas y los animales y hombres individuales para la sociedad humana. "En toda comunidad", sostenía Spencer:

> hay un grupo de fenómenos que crecen naturalmente a partir de los fenómenos presentados por sus miembros: un conjunto de propiedades en las unidades [...] Estableciendo entonces, con el principio general, que las propiedades de las unidades determinan las propiedades del agregado, concluimos que tiene que haber una Ciencia Social que exprese las relaciones entre ambos.

Así como la masa esférica de la bala de cañón limita la forma de los montones que pueden formarse con esas balas, o como la calidad del ladrillo determina la altura y la resistencia de la pared, así la unidad social, el hombre, representa los cimientos últimos para erigir una ciencia de la sociedad. Para Spencer, la sociedad humana no era en verdad otra cosa que los componentes que la constituían. Su peculiaridad residía en la complejidad de la forma en que se iba constituyendo el agregado y su interés se derivaba de su elemento irreductible, el hombre como individuo.

En el sistema de Spencer, la coherencia o solidaridad de la sociedad era más aparente que real y estaba claro que no era un desiderátum primario. Para Durkheim, la solidaridad social era al mismo tiempo un hecho esencial y la piedra de toque de todo análisis y toda acción sociales válidos. Emile Durkheim (1858-1917) había sido instruido en filosofía, pero desde 1880 se dedicaba a la creación y el fomento de una ciencia autónoma de la sociedad. Esa dedicación le procuró grandes retribuciones; a través de sus discípulos, su investigación personal y sus publicaciones sobre el método sociológico, Durkheim había surgido hacia 1900 como la figura principal en su disciplina. Sus doctrinas llegaban más allá de su nativa Francia y estaban revelando su pertinencia no sólo para analizar las formas sociales "superiores" o del Occidente industrial, sino para examinar la estructura de pueblos "primitivos" o preindustriales y no occidentales. Las ideas de Durkheim subyacen tanto en la sociología moderna como en la antropología social.

Prosiguiendo implícitamente con el argumento de Comte, Durkheim propugnaba que los "hechos sociales" tenían una realidad propia. Esos hechos (demandas morales y legales, doctrinas religiosas, sistemas

financieros y lingüísticos y otros muchos) existen en el exterior del individuo y son independientes de él. Son comunes a la sociedad en gran escala, están dirigidos al individuo a través de ejemplo, admonición y educación formal, y actúan sobre él en todo tiempo como una restricción. El hecho social es el fenómeno de interés para el sociólogo y el fenómeno tiene que determinar el objetivo y los procedimientos de la ciencia.

Durkheim declaraba rechazar todo trato con lo que él llamaba "ideología" en las ciencias sociales. El crimen de Comte era la estructuración rígida del análisis social sobre una escala evolutiva arbitraria, coronada por una esperanzada expectativa del reino de la Humanidad por venir. El pecado de Spencer era el individualismo insensato, un compromiso que, en opinión de Durkheim, impedía toda posibilidad de una ciencia social autónoma. Comte y Spencer compartían, además, un vicio común: ofrecían una explicación histórica en vez de un análisis causal. Este cargo toca el corazón de la posición epistemológica de Durkheim, y con ello, su opinión de las perspectivas y las responsabilidades de la ciencia social.

Los científicos, declaró reveladoramente Durkheim, han asumido como parte de su método la lógica de la conexión causal. Sólo a los filósofos, y no hay una nota de burla en la declaración, se les ha observado dispuestos a cuestionar la causalidad. Para Durkheim, la causalidad expresaba sólo una conjunción o asociación constante. La ciencia causal, como lo había anunciado Comte con su humor más positivista, no es sino una ciencia de relaciones. No tiene nada que hacer con el orden de sucesión cronológico. Las etapas de la historia sólo se siguen una a otra; no se engendran "una a otra". El científico que se vuelve a la historia no es científico porque, no pudiendo asir sino una disposición ordenada en el tiempo, no encontrará dinámica para el proceso. Como el fisiólogo Claude Bernard, cuyas ideas pueden muy bien haber influido su estudio del organismo social, Durkheim evitaba buscar la esencia o el proceso del ser, seguramente para correlacionar, bajo condiciones rigurosamente controladas, los fenómenos de la estructura y el comportamiento sociales, nuestro único conocimiento cierto. En este sentido Durkheim, no menos que Bernard y que otros innumerables pensadores posteriores del siglo XIX, era un positivista doctrinario.

Sus conclusiones eran de veras revolucionarias. Durkheim rechazó deliberadamente el recurso de la historia que por generaciones había rodeado las exploraciones y las conclusiones del pensamiento social occidental.

Evidentemente, la explicación histórica no era en manera alguna una explicación. Era filosóficamente inválida y tenía que ser insatisfactoria para los espíritus capaces de autocrítica. La perpetuación de los esquemas históricos monolíticos y progresivos de Comte, y la articulación de Spencer, basada en la flexibilidad del individuo, del proceso evolutivo continuamente diversificador, quedaron sólo como signos de preocupaciones pasadas de moda. El empuje del pensamiento de Durkheim era radicalmente no temporal o circunstante y su sesgo no histórico ha dejado una marca indeleble sobre generaciones subsecuentes de científicos sociales.

No menos profundamente, Durkheim separó la biología de la sociología. Para él simplemente no tenía significado la demanda de Spencer de prepararse en biología. Spencer había argumentado que:

> no pueden comprenderse las acciones sociales sin cierto conocimiento de la naturaleza humana; no puede haber conocimiento profundo de la naturaleza humana sin cierto conocimiento de las leyes de la Mente; no puede haber conocimiento adecuado de las leyes de la Mente sin conocimiento de las leyes de la Vida. Y ese conocimiento de las leyes de la Vida, según se manifiestan en el hombre, puede captarse adecuadamente; tiene que prestarse atención a las leyes de la vida en general.

Durkheim no sólo no se preocupaba por las leyes de la vida en general sino que anunciaba que las leyes de la mente o psicología (individual) simplemente no eran pertinentes para el análisis social. Desde los moralistas escoceses y los filósofos sociales franceses de la Ilustración, a través de Comte y Spencer, los términos críticos para análisis social se habían cimentado en compromisos estrictamente psicológicos, más notablemente en la unidad psíquica de la humanidad. Los filósofos sociales del siglo XIX infundieron esta idea con sugerencias de la biología que se referían en particular a las probables bases físicas de la mente en el cerebro y el sistema nervioso. Es a través de esos avances como obtiene su fuerza el argumento de Spencer. Pero Durkheim y sus adeptos estaban afirmando la autonomía de las ciencias sociales. Había hechos accesibles cuya naturaleza social podía demostrarse y que, por lo tanto, tenían necesidad de una nueva ciencia. Esa ciencia se creó, pues, para enfrentarse a esos hechos; no tenía necesidad de recurrir a doctrinas o métodos ideados para la psicología o la teología y, por consiguiente, adecuados sólo a ellas.

La postura teórica de Durkheim se afirmaba por completo en las incisivas *Règles de la méthode sociologique* (1895).[4] Sin embargo, era mucho más que un teórico. Realizó algunos análisis sociales arduos y ejemplares; los más notables sobre los códigos morales y legales que unen a los miembros de la

sociedad en un cuerpo coherente, y sobre la frecuencia particular y el significado social de diversos tipos de suicidio. Su trabajo demostró el poder de los nuevos instrumentos para el análisis social (estadística) y era rico en nuevos conceptos (particularmente la idea de la anomia, un estado de crisis en el orden social, provocado por el debilitamiento o la confusión de las normas regulares de la sociedad). En su ulterior carrera, Durkheim se volvió al estudio de la "conciencia colectiva" de la sociedad y de las formas de práctica y creencia religiosa.

A través de su propia influencia y de la de sus discípulos, la marca de Durkheim pronto se imprimió sobre la sociología. No en último lugar, llevó a que el estudioso investigador tuviera una participación personal estrecha en los fenómenos sociales bajo inspección. Los sociólogos empezaron a recabar y valorar datos obtenidos directamente de la sociedad mediante participación, observación y cuestionario. Los antropólogos, definidos en forma laxa como estudiosos del hombre en estado primitivo, hacía mucho que confiaban su información a relatos impresos e informes imperfectos de viajeros. Con el cambio del siglo, ellos también habían comenzado a hacer serio trabajo de campo. La influencia de Durkheim se sintió ampliamente en la antropología sólo en la década de 1920. Ésta se manifestó a través de la defensa y el ejemplo del gran triunvirato moderno de Marcel Mauss, sobrino de Durkheim y hábil antropólogo, así como sociólogo; Alfred Radcliffe-Brown, teórico y progenitor de la escuela británica de antropología social; y Bronislaw Malinowski, cuyo famoso *Argonauts of the Western Pacific* (1922) dramatizó el ideal y estableció las altas normas del trabajo de campo sistemático en antropología.

El ser humano

La característica más sobresaliente de los estudios del siglo XIX relacionados con el hombre, que avanzaban rápidamente, era su presunción general de que él también era un objeto adecuado para la investigación científica o tenía que llegar a serlo pronto. La ciencia estaba tendiendo la mano para atrapar el producto supremo de la creación. Con la ciencia llegó la seguridad de que sus admiradas cualidades (cierto conocimiento fundado siempre en hechos, control experimental de los fenómenos y sistematización lógica rigurosa, todo lo cual prometía poder de predicción) podrían extenderse del reino inorgánico a las plantas y los animales y, en último término, al hombre y a la

sociedad humana.

Pero esta conclusión obvia y tan de lugar común oscurece la diversificación, probablemente más fundamental, de las ciencias del hombre, que también estaba tomando lugar. Sólo la licencia permite hablar incluso en forma laxa de una "ciencia del hombre". En realidad se estaban registrando cuidadosamente aspectos múltiples del ser humano. Dependiendo del punto de vista y del interés predominante, se seleccionaban entre esos aspectos aquellos en los que debía hacerse hincapié. Por supuesto, en la tradición cristiana, el hombre presentaba el rostro más ambiguo al escrutinio. Su ser esencial era espiritual y, propiamente, de él se encargaba en forma exclusiva la ciencia moral. La renovada atención a sus cualidades físicas y a sus antecedentes históricos aparentes, prestada durante los siglos XVII y XVIII, no podía dejar de hacer hincapié en su relación con otros miembros de la creación animada. La descripción del hombre como animal se unió a otras tendencias críticas no biológicas del pensamiento occidental, para producir durante el siglo XIX una crisis grave y ampliamente diseminada de la confianza en el aún prevaleciente concepto cristiano de la naturaleza humana, la historia y la sociedad. Las manifestaciones concretas del nuevo espíritu pueden atestiguarse en la definición de las ciencias de la antropología física, la paleontología humana y la arqueología prehistórica durante ese periodo.

Otra perspectiva sobre el hombre era social. La cualidad distintiva del hombre como ser social encontró hincapié en el pensamiento griego y continuó ejerciendo influencias sobre todas las reflexiones occidentales serias acerca de la naturaleza del hombre. Para los hombres de mucha experiencia, la continuidad de la sociedad humana no sólo era un hecho, sino que también llegó a asumir un significado causal. La historia era importante como curioso orden de sucesión de pueblos y civilizaciones, y asimismo como la dinámica vital que aseguraba que las generaciones no simplemente siguieran sino que verdaderamente se produjeran una a otra. La explicación histórica ofrecía los fundamentos conceptuales para la historia universal y para aplicar el método comparativo. Con mayor (Spencer) o menor (Comte) obediencia a la biología y a sus aparentes dictados, el siglo XIX reunió las sartas dispersas y pronunció la posibilidad y la necesidad de crear una genuina ciencia de la sociedad. Durkheim dio la sensación de que esta gran ambición no era vana. Su empeño redirigió los intereses científicos hacia las sociedades actuales y purgó ampliamente la sociología y la antropología de su contenido histórico. Sus prescripciones metodológicas hicieron la investigación de los hechos

sociales verdaderamente practicable e invitaron a la explotación. El siglo XIX atestigua el triunfo de las ciencias sociales.

VI. FUNCIÓN: LA MÁQUINA ANIMAL

La fisiología experimentó una diversificación extraordinaria durante el siglo XIX. Su materia se extendía y sus objetivos se transformaban. A la investigación tradicional de la función de órganos y de sistemas de órganos se agregaron más y más análisis fructíferos de procesos celulares y numerosas invitaciones a reducir todos esos acontecimientos a los términos de las ciencias aparentemente más fundamentales, en especial de la física o la química. En cada uno de esos niveles, el fisiólogo podría investigar y, según tenía la esperanza, explicar los multitudinarios y notoriamente complejos fenómenos vitales cuyo efecto sumado se llamaba, en aras de la simplicidad, vida. El fisiólogo podía explorar, por ejemplo, la acción del hígado. Entre sus funciones se descubrió la capacidad de producir almidón animal (glucógeno). El investigador podía hacer alto ahí y anunciar correctamente este hecho como una manifestación de actividad fisiológica extremadamente importante a nivel orgánico. Sin embargo, esta conclusión no iba a satisfacer y no satisfizo a todos los fisiólogos. Demandando más conocimiento específico del proceso de formación de glucógeno, esos hombres siguieron buscando para localizar el proceso y, por extensión, todos los procesos fisiológicos equiparables dentro del órgano. Con el anuncio de la teoría celular, sus ambiciones ganaron un fundamento conceptual sobre el cual construir; la fisiología, hacia 1870, estaba muy ocupada con los procesos celulares y cómo éstos podrían integrarse armoniosamente para producir el organismo completo. Pero un nivel aún más avanzado de resolución parecía ya disponible, el de los procesos fisicoquímicos o mecanicistas regulares; de los cuales podía suponerse que ofrecieran una base fundamental, uniforme e irreductible, tanto para los fenómenos celulares como para los fenómenos a nivel orgánico. Para los defensores más apasionados de esta idea, la singularidad de los procesos vitales era sólo aparente y se debía en mucho a la simple ignorancia de los fisiólogos. Felizmente, los que profesaban la fe mecanicista creían que se acercaba el fin de tal ignorancia; por desgracia, sus esperanzas fueron durante mucho tiempo más estridentes que sus logros concretos.

Entre el tumulto de los intereses fisiológicos del siglo, un complejo de problemas atrae especial consideración. Expuesto ampliamente, este complejo incluye los procesos de respiración e importantes aspectos de los de digestión y excreción. La respiración sirve como función suprema para proporcionar la energía que capacita al ser vivo. Incluye traslado y producción de gases y, lo que es más importante, liberación de calor y energía en una forma útil para el organismo. La producción constante de calor animal ha sido objeto de especulación y estudio desde la Antigüedad clásica. Que el "aire" (una sustancia de la que se creía, hasta mediados del siglo XVIII, que era de naturaleza homogénea) era indispensable para la vida en alguna forma misteriosa, era también una antigua convicción. Sin embargo, durante el siglo XIX, las relaciones globales químicas y físicas de los procesos respiratorios (que incluyen la cuestión de la producción de calor orgánico) se llevaron a concordar estrechamente con el principio de la conservación de la energía. La posterior generalización fue en sí misma una contribución principal de esa época. Esos acontecimientos demostraron que la criatura viva, independientemente de cualquier otra cosa que pudiera ser y de cualquier cosa que se le declarara ser, era parte integral del universo físico. Su ser mismo y sus reacciones sensibles (movimiento, fenómenos eléctricos y químicos y tal vez incluso comportamiento consciente) dependían de la disponibilidad de la energía. Las investigaciones que fundaron este nuevo punto de vista constituyen uno de los mayores logros de la ciencia fisiológica y brindan el tema de las primeras secciones de este capítulo.

Obviamente, la conclusión de que el organismo era una verdadera máquina de calor había requerido investigación basada en métodos físicos y químicos. Muchos fisiólogos creían que el éxito de ésta y otras investigaciones similares probaba lo que hombres de muchas profesiones habían sostenido durante mucho tiempo: que el organismo no era sino lo que podían requerir los conceptos explicativos prevalecientes de las ciencias físicas. Por consiguiente, la vida se consideraba como mero producto de materia y movimiento o de la acción de las fuerzas esenciales que animaban al cosmos, opinión sostenida por el materialista radical, el mecanicista o el reduccionista (estos términos no son sinónimos, pero su definición corriente causa más dificultades que las que resuelve). Otros negaban que pudiera extraerse algún enunciado válido respecto a la esencia de la vida, a la naturaleza misma del organismo y a la importancia de sus asuntos

funcionales, por el simple hecho de que los procesos vitales pudieran explorarse, describirse y discutirse en términos físicos o químicos. Aun otros afirmaban que el organismo, por su comportamiento espontáneo y su desalentadora obstinación ante la pesquisa experimental, traicionaba la presencia de fuerzas distintas a las del reino físico, fuerzas en realidad peculiares de los seres vivos. En cada etapa del progreso de la fisiología durante el siglo XIX se introducían esas interpretaciones alternativas de lo que pudieran ser verdaderamente la vida y los procesos vitales. Hicieron surgir importantes preguntas respecto al método fisiológico, si había tal método, y vincularon los avances interrelacionados en filosofía y pensamiento popular. Las interpretaciones fisiológicas y todas esas cuestiones se examinarán en secciones posteriores de este capítulo.

La máquina animal

A fines del siglo XVII, habían entrado en uso en el inglés dos significados distintos pero interdependientes de máquina. Por una parte, la máquina era un artefacto, simple o complejo, para aplicar fuerza a una tarea particular. Por otra, la palabra *máquina* se refería a una combinación de partes interrelacionadas que realizaban mecánicamente las operaciones a las que se les destinaba, es decir, sin intervención ocasional ni regulación sostenida por acción voluntaria (consciente) o inconsciente. Con respecto al organismo vivo, la máquina en el primer sentido estaba significativa y estrechamente dentro de los límites impuestos por las muchas ambigüedades del término fuerza. Es a partir de este dominio de definición desde donde puede contemplarse mejor el tema de las fuerzas vitales irreductibles y considerarse la ecuación última de energía (según la define el físico) y fuerza(s) vital(es). Por supuesto, en la segunda definición hay una negación intrínseca de la acción a nivel psicológico o, más generalmente, a nivel biológico. En su forma radical, fue este significado de máquina el que revivió el debate perenne sobre la existencia de una verdadera máquina animal. Al terminar ese debate y asimismo como parte de sus postulados iniciales se revolvían cuestiones tan últimas como la relación entre animal y hombre y la exacta definición del hombre mismo.

Descartes, cuyos escritos (*Traité de l'homme*, 1664; *Passions de l'âme*, 1649)[1] abrieron el debate para la era moderna, sostenía que el animal es un autómata, al que le faltan tanto la sensación como la conciencia de sí mismo.

Sin embargo, el hombre estaba dotado de un alma que mediaba entre esas dos funciones y también lo unía, como era requisito de la tradición cristiana, a su creador. Dilucidar la naturaleza precisa de la relación entre el cuerpo o máquina y el alma constituía un reto para muchos metafísicos cartesianos. El rígido dualismo de Descartes no era aceptable para todos los filósofos y fisiólogos. Entre la crítica y las posibilidades presentadas estaba el concepto verdaderamente riguroso del mecanismo orgánico, en el cual no sólo las funciones animales (movimiento, crecimiento, reproducción) sino también todas las funciones intelectuales, incluyendo el espectro completo de comportamiento moral y mental, desde el consciente hasta el inconsciente, se unían indisolublemente y luego se reducían, para explicarlas, a un sustrato fundamental del ser, la materia. Pero la materia misma estaba sujeta a definición variable. Era posible argumentar, por ejemplo, que "materia" se refería no a partículas duras, impenetrables, insensibles y pasivas, según las concebía el atomismo tradicional, sino que presentaba en su definición un número de cualidades, principalmente la capacidad de actuar y la sensibilidad, que la acercaban mucho a los fenómenos sobresalientes de la "vida", incluyendo el comportamiento tanto consciente como inconsciente. Tal era la práctica de los consumados fisiólogos materialistas de la Francia del siglo XVIII. Aunque su materialismo en ocasiones rayaba en animismo y por lo tanto parecía reintroducir el problema perenne del alma desde una dirección diferente, por regla general su objetivo consistía en excluir muy simplemente el alma y sus supuestas propiedades del discurso fisiológico serio. Con el alma conservada en obediencia (o negándole absolutamente toda realidad, como lo hicieron algunos extremistas), el estudioso de la función animal y, lo que es más importante, de la función humana, podía continuar con su análisis cada vez más profundo de la máquina viva.

Un médico y filósofo francés, Julien Offray de La Mettrie (*L'homme machine*, 1749),[2] había publicado la necesaria relación entre el mecanismo orgánico y el concepto más amplio del materialismo filosófico y la discusión permaneció provocativa y ampliamente diseminada hasta el nuevo siglo. No obstante estaba destinada a ser puesta de nuevo en duda vigorosamente, tanto en el terreno metafísico como en el teológico. En los primeros decenios del siglo XIX, una era de agudo espiritualismo en la creencia religiosa y de idealismo sistemático en la metafísica, el acostumbrado concepto mecanicista-materialista del organismo y particularmente del hombre atrajo más abusos que adeptos. Muchos fisiólogos encontraron el concepto

moralmente repugnante. Otros lo sintieron carente de aplicabilidad y valor evidente en la investigación de procesos vitales. Por muchas y aún insuficientemente exploradas razones, el ideal mecanicista volvió a entrar a la fuerza en la fisiología hacia 1840. La práctica experimental del físico y del químico se convirtió en objeto de vívido interés. Se renovó la especulación respecto a la posibilidad de que los conceptos explicativos de esas ciencias, sobre todo los de la mecánica y la electrodinámica, pudieran resultar aplicables a los fenómenos fisiológicos. Los historiadores han celebrado recientemente como figuras decisivas en esos avances a un pequeño grupo de fisiólogos excepcionalmente hábiles, activos en Berlín durante la década de 1840. Ese grupo, cuyos miembros actuaban como profetas, prosélitos y propagandistas de una ciencia fisiológica supuestamente nueva y mejorada, pudo ver con cierta claridad pero encontró problemas difíciles de valorar.

En todo caso, el grupo de Berlín (los llamados reduccionistas fisiológicos) muy bien puede haber promovido un nuevo significado a las posibilidades de considerar el organismo vivo como una máquina.

Ese significado coincidió con el establecimiento de la doctrina de la conservación de la energía y seguramente fue fomentado por ella. En 1847 diversos elementos de esta doctrina habían sido enunciados y sistematizados por Hermann von Helmholtz, James Joule, y una sorprendente diversidad de otros investigadores; también se asignaron valores numéricos concretos a los procesos de conversión correspondientes. Esos procesos se habían hecho más y más evidentes durante el siglo XIX. La máquina de vapor demostraba diariamente la conversión de calor en trabajo mecánico. La electricidad corriente, producida por procesos químicos en la recién inventada pila voltaica, produjo calor y luz. Esa misma electricidad, administrada adecuadamente, producía disociación química. Se había demostrado la interconvertibilidad de electricidad y magnetismo, así como la de trabajo mecánico y magnetismo. Esos fenómenos sugerían vigorosamente que la mayor parte y probablemente todos los procesos físicos eran convertibles uno en otro. La evidencia señalaba una base común para tales conversiones y muchos suponían que esa base (energía) podría expresarse en términos numéricos precisos. Se había obtenido una cifra para el valor mecánico del calor, sujeta a refinamiento continuo, gracias a los estudios matemáticos en dinámica, a los cuidadosos análisis de ingenieros sobre la eficacia de las máquinas de calor y a los decisivos experimentos de Joule. Los procesos físicos interactuantes podían, pues, circunscribirse en forma precisa

estimando las relaciones de energía de los cambios producidos. Cantidades iguales de energía producirían siempre cantidades iguales de electricidad o calor o cambio químico.

De los autores de la doctrina de la conservación, Julius Robert Mayer (1814-1878), entrenado en medicina y médico practicante, fue quien consideró más explícitamente su aportación para nuestra comprensión de los procesos vitales. Las ideas de Mayer eran aparentemente poco conocidas pero, no obstante, singularmente ilustrativas del potencial de contribución de la doctrina de la energía a la fisiología. Mayer recordó que la física había demostrado la existencia de un equivalente mecánico del calor, determinado y constante. La combustión química era una fuente de calor y por lo tanto los valores de energía para cambios químicos entraban en la relación. Entonces los organismos eran también fuentes de calor y movimiento y las bases de esos fenómenos tenían que encontrarse, decía Mayer, en el proceso químico vital fundamental, es decir, la oxidación, la fuente última de energía para el organismo vivo. "En el cuerpo vivo", escribió (alrededor de 1852):

> se oxidan el carbono y el hidrógeno y así se producen calor y fuerza motora. Aplicado directamente a la fisiología, el equivalente mecánico del calor prueba que el proceso oxidativo es la condición física de la capacidad del organismo para realizar trabajo mecánico y proporciona también las relaciones numéricas entre el consumo [de energía] y la realización [fisiológica].

Mayer no confundió la ambición con el logro. Es cierto que el equivalente mecánico del calor iba a ser a partir de entonces "en la naturaleza de las cosas, el fundamento para la elevación de una fisiología científica". Pero esa nueva fisiología estaba en el futuro. Su llegada sería lenta; tendría que obtener su sitio adecuado en el currículum científico; empero, tendría que complementar y luego, muy probablemente, desplazar otros modos de investigación fisiológica. Cualquiera que fuese su influencia, Mayer había articulado el gran objetivo de la fisiología respiratoria tardía del siglo XIX. Se había demostrado que el calor animal era producto de combustión lenta. La producción neta de calor, que se registraría de manera que se incluyera el equivalente calórico de todas las acciones corporales de naturaleza química o eléctrica o de otra naturaleza, se representaba entonces como la medida última de energía transformada por el organismo. En la década de 1850 se empezaron arduas investigaciones experimentales para probar que los organismos de veras actúan del todo según los dictados de la conservación de la energía; la prueba fue entregada sólo a fines del siglo. El organismo, en sus relaciones mensurables globales con el mundo exterior (ese mundo que sirve

como fuente y vertedero para el aporte de energía del organismo), era un dispositivo de conversión de energía, una máquina no menor que las examinadas por la mecánica y la termodinámica. Esta afirmación estaba justificada a pesar del hecho prominente de que la estructura más íntima de la máquina animal aún se conocía oscuramente, y la naturaleza de sus procesos químicos intermedios esenciales se apreciaba aún más deficientemente.

Combustión, respiración y vida

La vida, arguye el fisiólogo moderno, depende de la liberación regular y lenta de energía derivada de la oxidación de los alimentos ingeridos. Esta energía proporciona la temperatura apropiada para las reaccciones químicas que ocurren dentro del cuerpo, incluyendo la síntesis, y queda subyacente al movimiento corporal, al comportamiento eléctrico de los nervios y a la actividad secretora de las glándulas. La certeza de esa dependencia, que solía proponerse como conexión causal, se deriva de los logros de la fisiología respiratoria del siglo XIX. El reconocimiento del hecho de que el calor aparece en conjunción constante con la vida fue hecho en la Antigüedad clásica y probablemente no sea desconocido para la mayoría de los hombres no civilizados. Este calor vital podría considerarse como un producto continuo del organismo o como congénito o innato, que cuando mucho y de alguna manera totalmente inespecificada requiere el soporte de "aire" de fuera del cuerpo. La segunda alternativa fue enunciada en la Antigüedad y aún era corriente, en lenguaje más variado y sugerente, en el siglo XVIII. El hecho esencial que requería explicación era el mismo entonces que en la Antigüedad, o en realidad hoy en día. "Está claro", escribió Edward Rigby, un fisiólogo menor tardío del siglo XVIII:

> que una proporción muy grande de calor tiene que estar escapando siempre del cuerpo y por supuesto, tal cantidad tiene que perderse como para requerir la producción constante de una cantidad considerable en el cuerpo, para conservar la proporción debida entre ambas.

Rigby hacía hincapié en la producción de calor orgánico, no en su calidad innata, y presentaba una explicación bastante extravagante (disociación fermentativa y desgaste mecánico de sustancias alimenticias) de esa producción. No obstante, ya estaba empezando a propagarse una nueva opinión acerca de la producción de calor animal (y vegetal) y sobre esta proposición central, si no sobre sus detalles, surgió toda la ciencia moderna

de la fisiología respiratoria y general.

Antoine Lavoisier (1743-1794) esbozó por primera vez su teoría de la fisiología respiratoria en 1777. Recurriendo a la química de gases recién creada y en especial a las investigaciones entonces recientes sobre la función del oxígeno en la combustión, Lavoisier, una figura dirigente en la revolución química del siglo XVIII, demostró que los organismos descomponen y reconstituyen el aire atmosférico precisamente de la misma manera que un cuerpo que se quema. Es decir, todo agente activo toma oxígeno del aire y le da a éste bióxido de carbono; ninguno utiliza la gran reserva de nitrógeno de la atmósfera. Este descubrimiento, apoyado por otros investigadores, sugería una "relación mucho más estrecha" de lo que podía esperarse a primera vista entre la respiración y la combustión.

Explorando más esta relación, Lavoisier, en colaboración con Pierre Simon de Laplace, introdujo un instrumento capital en la investigación fisiológica: el calorímetro de hielo. Ese dispositivo permitía estimar, mediante la cantidad de hielo fundida, la cantidad de calor emanada en un periodo dado por unidad de bióxido de carbono producido. Las cifras obtenidas con una flama y con animales de experimentación (conejillos de Indias) mostraron una correspondencia razonable. Los problemas experimentales y conceptuales fueron numerosos y las mediciones estuvieron sujetas a cierta duda. Sin embargo, Lavoisier quedó satisfecho de que los datos probaran el punto esencial: respecto a la producción de calor, el fuego y la vida se comportaban de manera análoga y probablemente idéntica y la base de ambos era la liberación regular de calor en el proceso de combustión (oxidación). "Por consiguiente, la respiración es", escribió (1780),

> una combustión, muy lenta, es cierto, pero estrictamente comparable con la del carbón. Toma lugar dentro de los pulmones […] [y] el calor producido por esa combustión es comunicado a la sangre que atraviesa los pulmones y de ahí es distribuida a través de todo el cuerpo. Por lo tanto, el aire que respiramos sirve a dos funciones igualmente necesarias para nuestra conservación: retira de la sangre la base del aire fijado [carbono], cuya superabundancia es muy nociva, y el calor que esta combinación [carbono más oxígeno] libera en los pulmones restaura el calor continuamente perdido [por el cuerpo].

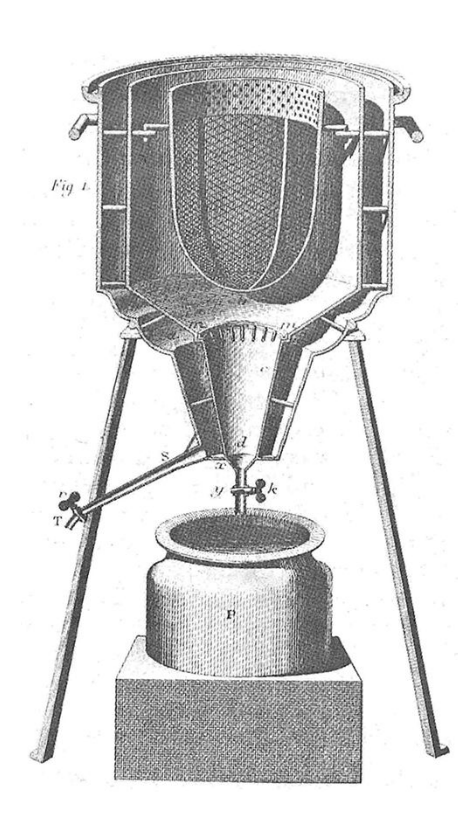


FIGURA VI.1. En el calorímetro de hielo, el hielo llenaba el espacio entre las sólidas paredes externa e interna y entre la última pared y la más interna de la canastilla experimental. Se colocaba al animal de experimentación en la canastilla y todo el aparato se sellaba entonces y se llevaba tanto como fuera posible hasta su equilibrio térmico con el ambiente. El calor emitido por el animal fundiría el hielo en la cámara interna y el agua así producida se recogía en el recipiente "p". Esa agua fundida proporcionaba un índice para la capacidad de producción de calor del organismo vivo, haciendo del calorímetro de hielo un instrumento indispensable para los primeros estudios de la base química y física de la respiración. (Antoine Lavoisier y Pierre Simon de Laplace, 1783 [1862].)

Las investigaciones posteriores de Lavoisier confirmaron y extendieron más aún la analogía básica.

Aunque la carrera en fisiología de Lavoisier terminó abruptamente porque fue ejecutado en 1794 por los revolucionarios franceses, el ejemplo y las conclusiones establecidas por su trabajo permanecieron. Por una parte, el método de Lavoisier, del cual era él más símbolo que representativo único, reforzó ampliamente los sueños y las suposiciones de quienes buscaban aplicación fructífera de la química y la física en la fisiología y tal vez en la biología. Claude Bernard, por ejemplo, un maestro experimentalista de generación posterior, pudo afirmar alegremente en 1879 que la

> esencia misma de la doctrina de Lavoisier está en la afirmación de que no hay dos químicas o dos físicas, una aplicable a las criaturas vivas y otra a los cuerpos inertes; en realidad hay leyes generales aplicables a toda[s] [las] sustancia[s], como quiera que estén dispuestas y esas leyes no admiten excepción.

Por otra parte, el trabajo de Lavoisier definió verdaderamente las tareas a las que se enfrentaba la fisiología respiratoria. Su esfuerzo presenta, en consecuencia, un punto común de referencia para los múltiples estudios en esta ciencia durante el siglo XIX. Lavoisier pretendía que el calor animal era producto de la combustión química; se debía continuar con esa suposición y luego confirmarla o negarla rigurosamente. La sugerencia de Lavoisier de que esa combustión ocurría en los pulmones tenía que explorarse y rechazarse pronto; se propusieron otros sitios dentro del cuerpo para la producción de calor. La naturaleza y la fuente de las sustancias combustibles últimas (carbono, hidrógeno) requirieron investigación atenta. La manera precisa en que ocurría la oxidación en el cuerpo se convirtió en objeto de esperanzada investigación y frustración constante. Finalmente, se intentó la integración total del organismo en el dominio de los parámetros fisicoquímicos. Del estudio de la respiración llegó el reconocimiento de que el organismo también estaba limitado en sus poderes por la conservación de su energía.

El sitio de la respiración

Contra la propuesta de Lavoisier de que la respiración (básicamente, el proceso que produce simultáneamente bióxido de carbono y libera calor) era una forma de combustión, se elevaron serias objeciones: la combustión

podría destruir el tejido pulmonar; los pulmones no eran apreciablemente más calientes que otras partes del cuerpo. Ya en 1791 se había ofrecido una nueva proposición decisiva. La sangre atravesaba los pulmones no para calentarse y llevar ese calor al cuerpo, sino para aceptar oxígeno. Ese oxígeno se combinaba entonces, en la sangre y particularmente dentro de los capilares, con el carbón y el hidrógeno disponibles. El calor se liberaba así gradualmente, y el bióxido de carbono producido era llevado por el sistema venoso a los pulmones y ahí se expulsaba fuera del cuerpo. Éste era el modelo principal para entender la función respiratoria-circulatoria hasta mediados del siglo. La sangre fue destronada de su alta función sólo en la década de 1870. Su lugar fue tomado entonces por el concepto de la respiración histológica, una idea estrechamente ligada a los atributos funcionales de la célula y un producto no menos ejemplar de la destreza experimental siempre creciente en fisiología.

Fue William Harvey quien sacrificó (1651) a los antiguos órganos primarios, corazón e hígado, para elevar la sangre a la supremacía fisiológica. Su influencia aún era poderosa a fines del siglo XVIII y fue respaldada por el anatomista y fisiólogo dirigente del periodo, John Hunter. Para algunos, la noción de Hunter de la "vitalidad de la sangre" era la causa misma de la vida, y la sangre, el componente verdaderamente más vivo del cuerpo. En un nivel menos aventurado, podría al menos decirse que, como recibía del intestino y transportaba a través del cuerpo las sustancias alimenticias preparadas (quilo), la sangre tenía que ser el sitio de las operaciones fisiológicas esenciales. Ambas opiniones eran del todo congruentes con la idea de que la sangre era el sitio de la respiración.

El experimento impulsaba la misma conclusión. Los famosos experimentos de Gustave Magnus usando un aparato de evacuación de mercurio, capaz de crear altos vacíos y, asimismo empleando técnicas para introducir gases de remplazo en la sangre, demostraron (1837) que el bióxido de carbono y el oxígeno estaban presentes tanto en el sistema arterial como en el venoso. El hecho de que la proporción oxígeno/bióxido de carbono fuera más alta en las arterias que en las venas, según podía demostrarse, comprobó que la combustión vital no podía tomar lugar en los pulmones. Es importante reconocer que Magnus no probó ni afirmó haber probado más que esto. La inferencia era claramente que los cambios químicos respiratorios ocurrían en todo el cuerpo. Magnus admitió una preferencia por la respiración histológica pero observó que la prueba de esa pretensión requería

análisis exacto de los gases sanguíneos y sus proporciones cambiantes mucho más allá de sus capacidades o de las de sus contemporáneos. Siguió defendiéndose la función respiratoria para la sangre hasta los primeros años de la década de 1870, principalmente en el trabajo de Carl Ludwig y sus estudiantes, quienes argüían (y ofrecían aparente confirmación experimental) que las oxidaciones histológicas eran reales, pero estaban sujetas a regulación por el estado químico de la sangre.

Un grupo de observadores empezó a realizar análisis experimentales de las actividades respiratorias en preparaciones aisladas (generalmente fibras musculares), hacia 1850. Georg Liebig demostró que el músculo activo consume oxígeno y emana bióxido de carbono. Si estos dos acontecimientos son verdaderamente "respiración" entonces el músculo respira y puede hacerlo así sin conexión con la sangre. Helmholtz, en una serie superlativa de investigaciones, había demostrado (1847) que la contracción de la preparación muscular se acompañaba de un intercambio de materiales. Además detectó cambios térmicos en el músculo, y esto era de importancia fundamental para el estudio de la conservación de la energía de Helmholtz, así como para la investigación más especial de los energéticos animales. El movimiento muscular dio pruebas de reacciones químicas subyacentes y éstas, a su vez, evidentemente se relacionaban con la producción de calor. La relación podía establecerse cuantitativamente.

El trabajo de Georg Liebig y Helmholtz y de algunos otros proporcionó pruebas útiles, pero no sistemáticas, de la respiración histológica. Moritz Traube (1826-1894), un vinatero de Breslau y diestro fisiólogo químico, propuso en 1861 una concisa "teoría de los procesos químicos de la acción muscular". El oxígeno, decía, pasaba de la sangre a través de la pared capilar y entraba en la fibra muscular. Ahí, en la fluidez de la célula, ocurría la oxidación y se producía bióxido de carbono y calor. Las declaraciones de Traube se basaban en sus estudios anteriores de reacciones fermentativas y no en los indispensables y todavía no disponibles microanálisis de gases sanguíneos. Su teoría era, por lo tanto, altamente sugerente, en evidente contradicción con la noción de que la oxidación toma lugar en la sangre y, al mismo tiempo, estaba en desesperada necesidad de apoyo amistoso y fidedigno. Además, el trabajo de Traube propagó fuertes sospechas sobre la opinión entonces prevaleciente de la química de la acción muscular, propuesta por Justus von Liebig (véase más adelante).

El apoyo para la idea de la respiración histológica llegó en escritos

publicados en 1872 y 1875 por Eduard Pflüger (1829-1910), un versátil fisiólogo de Bonn, y de las continuas actividades en el laboratorio de Ludwig en Leipzig. El escrito de Pflüger de 1872 es un hito en la historia de la fisiología de la respiración. Se aclaró que incluso las ligeras diferencias de presión a través de la membrana celular podían dar lugar a una transferencia rápida y masiva de oxígeno. Tales pequeñas diferencias, argumentaba Pflüger, se manifiestan en todos los tejidos del cuerpo y son ellas (no la velocidad del flujo sanguíneo, la presencia de sustancias reductoras en la sangre o la acción pulmonar) las que regulan la velocidad de consumo de oxígeno en el cuerpo. Las diferencias en el aporte de oxígeno eran en sí mismas consecuencia directa de la actividad metabólica dentro de los tejidos (células). El oxígeno era proporcionado por la sangre en cantidades apropiadas para la actividad vital, siendo esa actividad esencialmente la descomposición de sustancias ricas en energía disponibles dentro de la célula. La célula y sus operaciones realizaban, por lo tanto, el "trabajo esencial animal" y al hacerlo así controlaban el aporte de oxígeno y dependían de que éste se regulara exactamente.

Aunque en apariencia había recurrido grandemente a las investigaciones de Ludwig, Pflüger estaba atacando la noción, sostenida durante muchos años por Ludwig, de que la sangre y su contenido de gas eran los factores reguladores decisivos de la actividad respiratoria global del organismo. Pflüger tenía la ventaja adicional de presentar su revisión general del problema a un público que en fisiología acababa de presenciar la caída del concepto de Liebig sobre las alteraciones químicas en el cuerpo. El efecto de esas investigaciones (realizadas por muchos fisiólogos y escuelas, a menudo en conflicto) fue arruinar la hegemonía fisiológica de la sangre. La función de la sangre, en tanto que concierne a las características principales de la respiración y la producción de energía, iba a ser de transporte de ahí en adelante. Llevaba oxígeno (y sustancias alimenticias) a los tejidos y se tomaban de ellos los productos de desecho de la transformación metabólica. "Porque el oxígeno tiene que ir", escribió Pflüger, "a dondequiera que haya vida en el cuerpo, y vida hay dondequiera". Incluso la sangre, por supuesto, tenía su actividad respiratoria, pero ésta era de magnitud trivial en comparación con la de las grandes masas celulares que componían el cuerpo. La investigación experimental, basada en la asistencia prestada por la química y la física para el estudio de las membranas vivas y de las estructuras y los líquidos del cuerpo, había establecido firmemente la célula y

los tejidos como elementos críticos en la fisiología respiratoria.

Una generación antes, Rudolf Virchow había atacado también la hegemonía de la sangre, la primacía de los humores del cuerpo (véase el capítulo II). Lo había hecho sobre bases patológicas y había tratado de remplazar, por medio de la doctrina celular, el concepto de la enfermedad generalizada por un nuevo concepto rigurosamente circunscrito al elemento funcional esencial: la célula. Ese mismo elemento había sido designado entonces, en forma fidedigna, el convertidor fundamental de energía para el organismo vivo. De esas conclusiones surgió la petición de una verdadera "fisiología general", es decir, el estudio de los procesos vitales comunes a plantas y animales, considerado general porque se basaba en el común denominador de todos los organismos: la célula viva. Ése fue el llamado difundido por Claude Bernard, el fisiólogo francés dirigente del periodo y un gran publicista para su ciencia. Bernard erigió (1876 y ss.) una gran síntesis del pensamiento fisiológico basándose en la actividad especial y exclusiva de las células y de los líquidos que las rodean. La célula era el componente funcional principal; estaba rodeada por un medio interno nutriente y protector. El fisiólogo general tiene que explorar ambos, adquiriendo poder sobre las condiciones que afectan su comportamiento y obteniendo así una más profunda comprensión de la vida y de sus fenómenos distintivos.

LA NATURALEZA Y LA FUENTE DE LOS MATERIALES COMBUSTIBLES

Los análisis químicos realizados por Lavoisier y sus contemporáneos franceses habían demostrado que la composición elemental de las sustancias orgánicas era principalmente carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. El estudio del número y las proporciones relativas de esos elementos en la composición de los constituyentes y productos de los seres vivos era el tema central de la química orgánica temprana. Se suponía que las transformaciones químicas en los mundos vivo y no vivo eran estrictamente equiparables, siendo el acontecer de tales transformaciones, por supuesto, un hecho dado por observación y experimento. Sin embargo, esta evidencia decía poco de los procesos de transformación reales.

Los químicos suecos, franceses y alemanes habían perfeccionado instrumentos para el análisis químico durante las primeras décadas del siglo. Siguiendo la introducción de Justus Liebig (1831) de un aparato simple y

digno de confianza para hacer apreciaciones de composición elemental, el análisis orgánico se convirtió en una operación rutinaria de laboratorio y tomó forma una lista coherente de sustancias orgánicas. La división de las sustancias alimenticias en carbohidratos, grasas y proteínas, basada en sus proporciones de carbono e hidrógeno y en la presencia de nitrógeno, se estableció firmemente en 1845. Ese conocimiento, junto con la fe persistente en lo equiparable de las transformaciones químicas dentro y fuera del organismo, abrieron perspectivas interesantes para el estudio de la química fisiológica. En 1840 apareció *Agricultural chemistry* y en 1842 la celebrada *Animal chemistry*, *or organic chemistry in its application to physiology and pathology*,* de Liebig. Con esas obras y con las polémicas, los errores y la experimentación vigorosa que inmediatamente provocaron, la química, después de haber prometido mucho durante largo tiempo al estudioso de la función orgánica, forzaba entonces su entrada masiva en el pensamiento fisiológico. Desde entonces jamás ha sido desalojada de la posición ganada.

Animal chemistry, decía su autor, "dirigiría la atención a los puntos de intersección de la química con la fisiología". Una vez definida, el fisiólogo descubriría en la química orgánica, es decir fisiológica, "un instrumento intelectual por medio del cual estará capacitado para trazar las causas de los fenómenos invisibles a la vista corporal". Liebig (1803-1873), un hábil químico analítico de Giessen, había ya ganado reputación europea por la organización y la eficacia de su enseñanza de la química basada en el laboratorio. *Animal chemistry* era una declaración sintética de sus ideas y asimismo un manifiesto público: dejen que el químico hable directamente al fisiólogo y tengan confianza en que ambos se beneficiarán de la reunión.

Adoptando el método de los químicos agrícolas franceses contemporáneos, Liebig trataba de establecer un equilibrio global de los constituyentes elementales de ingestas, excretas y gases respiratorios del cuerpo. La premisa de Liebig era la conservación de la materia, la base de la nueva química establecida por Lavoisier y sus asociados. Lo que entra debe equipararse con lo que sale y, afortunadamente, respecto a las transformaciones químicas del cuerpo, nuevos métodos y análisis prometían un medio para demostrar esa equivalencia. Sin embargo, ese equilibrio elemental global de sustancias alimenticias, oxígeno y desechos sólidos y líquidos sólo era el blanco preliminar de Liebig. Esperaba poder deducir "fenómenos invisibles para la vista corporal" y los fenómenos en cuestión eran los procesos reales de transformación química que ocurrían dentro del

cuerpo. El químico fisiólogo podía controlar y probar sólo el equilibrio elemental de un organismo de experimentación; entonces tenía que usar esos datos para adivinar las reacciones intermediarias necesarias.

PROGRAMA DEL DISCURSO

UN ANIMAL ES UN APARATO DE COMBUSTIÓN;		UN VEGETAL ES UN APARATO DE REDUCCIÓN;	
Posee la facultad de la locomoción;		Está fijo;	
Quema	Carbono Hidrógeno, Amonio;	Reduce	Carbono Hidrógeno Amonio;
Exhala	Ácido carbónico, Agua, Óxido de amonio, Ázoe (nitrógeno);	Fija	Ácido carbónico, Agua, Óxido de amonio, Ázoe (nitrógeno);
Consume	Oxígeno, Sustancias azoadas neutras, Sustancias grasas, Sustancias amiláceas, azúcares, gomas;	Produce	Oxígeno, Sustancias azoadas neutras, Sustancias grasas Sustancias amiláceas, azúcares, gomas;
Produce	Calor Electricidad;	Absorbe Extrae	Calor, Electricidad;
Restaura sus elementos al aire o a la tierra;		Deriva sus elementos del aire o de la tierra;	
Transforma las sustancias organizadas en sustancias minerales.		Transforma las sustancias minerales en sustancias orgánicas.	

FIGURA VI.2. La investigación del equilibrio de nutrientes de las criaturas vivas y de otros factores requeridos en el organismo (por ejemplo, calor o electricidad) llevó al estudio del proceso metabólico y, asimismo, al reconocimiento de ciclos esenciales de intercambio físico y químico entre los terrenos inorgánico y orgánico y entre plantas y animales. Hacia la década de 1850, la vasta complejidad de los procesos metabólicos se estaba volviendo evidente, y las conclusiones afirmativas, como las dadas en este programa, desaparecieron de la fisiología. (Jean Baptiste Dumas y Jean Baptiste Boussingault, 1844.)

La crítica subsecuente demostró la futilidad de este método. Los datos de uno pertenecían exclusivamente a las condiciones iniciales y terminales y, dado el poder limitado de la teoría química contemporánea y la escasez de experiencia pertinente, no ofrecían bases reales para inferir la naturaleza de las reacciones intermediarias. Liebig reconocía esas limitaciones y en postulados subsiguientes moderó sus demandas. Sin embargo la idea se había afirmado y no iba a ser desacreditada hasta la década de 1860.

La doctrina en sí es de interés considerable. Liebig trataba de relacionar las actividades vitales específicas con las sustancias alimenticias específicas. Carbohidratos y grasas, por oxidación en el cuerpo, producían el calor de la vida. Las moléculas orgánicas eran reducidas por completo, en último término hasta bióxido de carbono y agua, y esos productos eran expelidos del cuerpo. Carbohidratos y grasas eran, en la terminología de Liebig, los "elementos de respiración". Pero no menos interesantes para la cuestión de la estructura y la acción orgánica eran los "elementos plásticos de nutrición", es decir, las proteínas, de las que Liebig creía que constituían la sangre y la carne mismas, particularmente el tejido muscular. Los músculos estaban a cargo del movimiento animal, la cualidad más distintiva de la bestia, y estaba claro que la base molecular de este movimiento tenía que constituirla las sustancias nitrogenadas del músculo (proteínas). La proteína se desdoblaba y daba bióxido de carbono, agua y las importantes sustancias nitrogenadas, principalmente urea, que se encontraban en la orina. También se obtenía "fuerza", la agencia a cargo en último término del movimiento animal. "Toda actividad vital —decía Liebig— surge por la acción mutua del oxígeno de la atmósfera y los elementos de la comida." La forma más obvia de actividad vital es el movimiento y se debe a la acción muscular. Liebig sostenía que las proteínas ingeridas eran asimiladas directamente en el tejido muscular, siendo la fuente de todas las proteínas la actividad sintética de las plantas. La degradación de proteínas por sí sola sostenía la actividad muscular. Los carbohidratos y las grasas producen sólo calor y "protegen al organismo de la acción del oxígeno atmosférico", con lo cual quería decir que sólo las sustancias nitrogenadas son parte de la estructura fundamental o los tejidos del organismo.

Por consiguiente, si la degradación de proteínas acompañaba la verdadera animalidad y tal vez la causaba, es decir, el movimiento, los productos de degradación (sobre todo la urea) brindaban un índice exacto de la actividad animal. Ahí estaba el punto crítico tanto para Liebig como para sus críticos:

la excreción de nitrógeno, cuando se toma como medida del trabajo muscular, tiene que variar directamente con el rendimiento de trabajo del animal. Los hechos demostraron fácilmente que no era ese el caso. Traube (1861) señaló que los grandes animales de trabajo (caballo, buey, camello) son herbívoros. La ocupada abeja, además, subsiste ampliamente con azúcar. La actividad muscular parecía, en realidad, más estrechamente relacionada con el consumo de oxígeno y la producción de bióxido de carbono que con una elevación (dudosa) de la excreción de nitrógeno.

El esquema de Liebig fue severamente probado y efectivamente destruido en 1865-1866. En ese tiempo los fisiólogos empleaban libremente la idea de la utilización de la energía al analizar actividades orgánicas. La energía brindaba una base común para valorar el rendimiento de trabajo de un animal activo y el calor total, por consiguiente la energía, disponible en cualesquiera de todas las sustancias alimenticias que un organismo puede consumir mientras trabaja. Dos fisiólogos alemanes, Adolf Fick y Johannes Wislicenus, habían medido su excreción de nitrógeno mientras escalaban un pico alpino. Computando la energía disponible en las proteínas supuestamente consumidas por sus esfuerzos y comparando ésta con una estimación razonable del trabajo realmente realizado, encontraron la primera muy inadecuada para el propósito que se le asignaba. Sin embargo sus actos eran aproximados y sus conclusiones estaban sujetas a crítica. No fue tal el caso del asalto devastador a la teoría de degradación de proteínas de la animalidad hecho por Edward Frankland (1825-1899). Frankland, un químico de Londres preparado en Alemania, empleó un calorímetro de bomba, corrigiendo cuidadosamente las posibles pérdidas de calor del aparato. Sus datos experimentales le permitieron comparar el consumo de energía de los escaladores de montaña (estimada conservadoramente) con un valor preciso para la energía liberada por combustión total de una cantidad de tejido muscular equivalente al nitrógeno excretado. Sus conclusiones fueron como sigue:

	Energía disponible	*Trabajo realizado*
Fick	68 700 KgM	160 000 Kgm
Wislicenus	68 400 KgM	184 000 Kgm

Esta asombrosa discrepancia significaba que la energía disponible en el tejido muscular, por sí sola, difícilmente podría ser la causa del trabajo realmente realizado. Esto es todavía más cierto, hizo hincapié Frankland,

cuando se reconoce que el músculo es eficaz en considerablemente menos que 50%; es decir, su energía de ninguna manera está completamente disponible para el trabajo muscular. Claramente era falsa la creencia de Liebig de que el tejido muscular (proteínas) era la fuente exclusiva de la actividad animal. La fibra muscular era de veras la parte que movía, pero la energía para ese movimiento tenía que derivarse ampliamente de otras fuentes, es decir, de sustancias alimenticias que no fueran proteínas. "Una orden", concluía Frankland

> es enviada desde el cerebro al músculo, y el agente nervioso determina la oxidación. La energía potencial se transforma en energía real, una porción de la cual asume la forma de movimiento y la otra aparece como calor. *¡Ahí está la fuente del calor animal, ahí el origen del poder muscular!* Como el pistón y el cilindro de una máquina de vapor, el músculo es sólo una máquina para la transformación de calor en movimiento; ambos están sujetos al desgaste y al desgarro y requieren renovación; pero ninguno contribuye en grado importante alguno, por su oxidación propia, a la producción real del poder mecánico que ejerce.

Su metáfora es común y la opinión de Frankland acerca de la fisiología muscular es demasiado simple, pero las ramificaciones de su tajantemente indicada conclusión son profundas. El trabajo de Frankland culminó la destrucción de la teoría de las proteínas de Liebig. Al hacerlo así, se volvió a hacer hincapié en cuán peligroso era tratar de deducir los procesos metabólicos intermediarios por examen de fenómenos químicos externos. Los soberbios experimentos de Frankland sugerían urgentemente que el músculo es una máquina para la conversión de energía. Si parecían probar este punto especial, seguramente no podían demostrar que el organismo en su totalidad pudiera ser considerado como una máquina de calor. No obstante, la técnica de Frankland (análisis de combustión completo de tejido y sustancias alimenticias) y la orientación general definieron claramente el método que iba a usarse después para lograr esa demostración.

EL PERPETUO DILEMA: LAS REACCIONES BIOQUÍMICAS

Las conclusiones de Frankland sugieren también la frustración a la que se enfrentaron quienes esperaban erigir una ciencia fidedigna de la química vegetal y animal. Una cosa era analizar los productos químicos de los cuerpos vivos; otra muy distinta captar la naturaleza de las reacciones que producían esas sustancias. El ejemplo de Lavoisier, perpetuado en forma virtualmente no modificada por Liebig, asignaba al oxígeno una función

prominente en la química fisiológica. El oxígeno era el agente activo de cambio. Atacaba las sustancias combustibles y su aporte parecía regular la función de las reacciones químicas respiratorias dentro del cuerpo. "¡Verdaderamente, la historia del oxígeno es la historia de la vida!", exclamó Traube. Esta noción simplista de la combustión orgánica no fue disminuida hasta las décadas de 1860 y 1870, principalmente a través de la asignación de los procesos respiratorios básicos a la célula y sus constituyentes, hecha por Ludwig, Pflüger y otros, y a través de la investigación de la función reguladora de las sustancias oxidables, realizada por Voit y Pettenkofer (véase más adelante).

Pero permanecía la gran pregunta: ¿Cuál era en realidad la naturaleza de la combustión en las criaturas vivas? Se desdoblaban en el cuerpo moléculas complejas y generalmente estables. Bajo condiciones atmosféricas esas mismas moléculas permanecían sin afectarse, pero dentro del cuerpo y, por consiguiente, a una temperatura relativamente baja, sin señales de flama o efervescencia, esas moléculas eran destruidas rápida y fácilmente. La investigación sistemática y a menudo exitosa de los procesos de reacción bioquímica pertenece al siglo XX. Sin embargo hubo útiles indicios durante el siglo anterior. La idea de la catálisis fue introducida en la fisiología por Jöns Jacob Berzelius en la década de 1830. Argüía que, sin duda, en los organismos se fomentaban miles de reacciones mediante agentes químicos (catalizadores) cuya presencia era esencial para una reacción, pero que no eran consumidos en esa reacción. En la misma década y cada vez más desde entonces, se identificaron agentes biológicos primordiales (fermentos). Esas complejas sustancias de constitución desconocida actuaban como catalizadores, y a la temperatura del cuerpo mediaban muchas e intrincadas transformaciones químicas incluyendo, según se descubrió más tarde, aquellas que liberaban energía como calor o en una forma ligada utilizable por el organismo.

Peso y costo de diversos artículos alimenticios requeridos para ser oxidados en el cuerpo con objeto de elevar 140 libras (63.5 kilogramos) hasta una altura de 10 000 pies (3 048 metros).

Trabajo externo = a un quinto de la energía real.

Nombre del alimento	*Peso requerido en libras*	*Precio por libra*		*Costo*	
		s.	d.	s.	d.
Queso Cheshire	1.156	0	10	0	$11\frac{1}{2}$
Papas	5.068	0	1	0	$5\frac{1}{4}$
Manzanas	7.815	0	$1\frac{1}{2}$	0	$11\frac{3}{4}$
Potaje de avena	1.281	0	$2\frac{3}{4}$	0	$3\frac{1}{2}$
Harina	1.311	0	$2\frac{3}{4}$	0	$3\frac{3}{4}$
Potaje de chícharos	1.335	0	$3\frac{1}{4}$	0	$4\frac{1}{2}$
Arroz descortezado	1.341	0	4	0	$5\frac{1}{2}$
Arrurruz	1.287	1	0	1	$3\frac{1}{2}$
Pan	2.345	0	2	0	$4\frac{1}{2}$
Carne magra de res	3.532	1	0	3	$6\frac{1}{2}$
Carne magra de ternera	4.300	1	0	4	$3\frac{1}{2}$
Carne magra de carnero (cocida)	3.001	1	6	4	6
Macarela	3.124	0	8	2	1
Merluza	6.369	1	4	9	4
Clara de huevo	8.745	0	6	4	$4\frac{1}{2}$
Huevo cocido	2.209	0	$6\frac{1}{2}$	1	$2\frac{1}{2}$
Cola de pescado	1.377	16	0	22	$0\frac{1}{2}$
Leche 5 p. por 1	8.021	5 p. por L.		1	$3\frac{1}{2}$
Zanahorias	9.685	0	$1\frac{1}{2}$	1	$2\frac{1}{2}$
Col	12.020	0	1	1	$0\frac{1}{4}$
Raspaduras de cacao	0.735	1	6	1	$1\frac{1}{4}$
Mantequilla	0.693	1	6	1	$0\frac{1}{2}$
Carne grasa de res	0.555	0	10	0	$5\frac{1}{2}$
Aceite de hígado de bacalao	0.553	3	6	1	$11\frac{1}{4}$
Azúcar en terrones	1.505	0	6	1	3
Dextrosa comercial	1.537	0	$3\frac{1}{2}$	0	$5\frac{1}{2}$
Cerveza clara Bass (embotellada) 9 botellas	9 botellas	0	10	7	6
Cerveza fuerte Guiness	$6\frac{3}{4}$ "	0	10	5	$7\frac{1}{2}$

FIGURA VI.3. La energía proporciona un índice de la capacidad para realizar trabajo. La máquina trabajadora puede muy bien ser el marco humano, siendo la fuente de energía las sustancias alimenticias que ingiere el trabajador. Este interesante cuadro, preparado por un químico con estrechas conexiones industriales en Manchester y Londres, proporciona una medición novedosa del valor alimenticio, el costo en libras, chelines y peniques por unidad de energía producida. Aunque no se discuten aquí las necesidades de una dieta equilibrada, hay una clara sugerencia para el industrial consciente de los costos de cómo podrían pesarse netamente los salarios contra los requerimientos de energía de los trabajadores. (E. Frankland, 1866.)

Se aislaron muchos fermentos (por ejemplo la pepsina, descubierta en 1836, o la diastasa, descubierta en 1833) y se entendió que eran productos orgánicos. Sin embargo, la expresión fermento había tenido una larga permanencia; se había aplicado y se seguía aplicando no sólo a diversas reacciones orgánicas especificadas adecuada o deficientemente, sino también al agente esencial que inducía el proceso familiar de fermentación alcohólica. En la fermentación, un azúcar simple (glucosa) produce alcohol y bióxido de

carbono y se libera energía. Berzelius, Liebig, Traube y otros químicos atribuyeron completamente la fermentación alcohólica a la acción catalítica molecular, es decir, a agentes estrictamente inorgánicos. Louis Pasteur (1822-1895) no estaba de acuerdo y defendió la idea de que la fermentación era esencialmente una “acción vital” o fisiológica, es decir, un proceso químico necesariamente “asociado a la vida y la organización de las células de levadura”. La oposición entre las dos opiniones (el catalizador de los químicos y las células de los fisiólogos) demostró ser ilusoria más tarde. Eduard Buchner, en 1897, separó un fermento (la cimasa) de la célula de levadura que producía alcohol y bióxido de carbono a partir de glucosa y lo hizo en aislamiento total de cualquier célula. Los fermentos o enzimas (un término introducido en 1877) resultaron entonces ser productos verdaderamente fisiológicos, es decir, celulares. Sin embargo, su actividad parecía independiente de su sitio de formación; eran genuinos catalizadores químicos.

Otro trabajo vital tenía que agregarse a ese breve registro de las contribuciones del siglo XIX al estudio de los procesos respiratorios. El descubrimiento de la fermentación aeróbica hecho por Pasteur (1861) reveló, por ejemplo, que la producción de calor dentro de la célula no requería la presencia de oxígeno y así se disminuyeron, más aún, los exclusivos derechos fisiológicos de ese elemento. Felix Hoppe-Seyler, un químico fisiólogo alemán, y George Stokes, un distinguido físico británico que siguió la dirección de Hoppe-Seyler, aplicaron (1862, 1864) el espectroscopio recién inventado a los pigmentos sanguíneos y confirmaron las sospechas de Liebig al respecto. Los compuestos de hierro, observó Stokes, imparten diversos colores a la sangre y sirven también como “ávidos absorbedores y portadores de oxígeno”. Mucho después se encontró que la fijación del oxígeno a los compuestos de hierro es fácilmente reversible y que, por lo tanto, podían proponerse esas sustancias de la sangre como el vehículo que lleva oxígeno a los tejidos.

El efecto acumulativo de esos descubrimientos era importante, pero no podía decirse que hubiera resuelto los elementos críticos de la fisiología respiratoria, ni hubiera creado una ciencia coherente de la química fisiológica. La diversidad de las reacciones químicas dentro del organismo, las dificultades técnicas sin paralelo que impedían su estudio y las evidentes imperfecciones del conocimiento concerniente a la catálisis y a la naturaleza de las reacciones bioquímicas en general, desalentaron poderosamente las

grandes esperanzas. Frederick Gowland Hopkins, creador de la afamada escuela de bioquímica de la Universidad de Cambridge, revisó (1913) la historia de su ciencia y la encontró deficiente. Admitió que era necesaria una nueva fe y lo enunció inequívocamente:

> [En] el estudio de los procesos intermediarios del metabolismo tenemos que tratar, no con complejas sustancias que eluden los métodos químicos ordinarios, sino con sustancias simples que experimentan reacciones integrales […] [No] es sólo de la separación y la identificación de productos de los animales de lo que tratan nuestros estudios; sino de sus reacciones en el cuerpo; del lado dinámico de los fenómenos bioquímicos.

Hopkins, sus colegas y sus contemporáneos actuaron sobre esta fe y pronto movieron la fisiología de la observación de las operaciones celulares generales al análisis experimental de los mecanismos intracelulares químicos y físicos.

CALORIMETRÍA Y EL ORGANISMO COMO UNA MÁQUINA

El estudio del equilibrio químico elemental en animales hecho por Liebig tenía objetivos más amplios que la mera teoría fisiológica. Él y sus contemporáneos estaban profundamente interesados en el valor nutritivo de las sustancias alimenticias, es decir, en la contribución de cada elemento de la dieta a la vitalidad sana del organismo y en el establecimiento de una ración básica normal de conservación. Este interés probablemente surgió por primera vez del estudio de los suelos y las necesidades de lo que se consideraba como agricultura y producción agrícola nuevas y científicas. Pero la aplicabilidad de esos estudios nutricionales al hombre y a la sociedad humana parecía obvia. Durante las décadas de 1840 y 1850 se hicieron esfuerzos para extender el conocimiento de los nutrientes hasta las medidas de salud pública y el mejoramiento social general. No obstante, el análisis químico de las sustancias alimenticias probó haber prometido más de lo que podía cumplir. El análisis de las sustancias alimenticias pronto se mezcló con chifladuras de moda respecto a los alimentos (tal vez más notablemente en el extracto de carne de res de Liebig [del que se sostenía que era rico en proteínas restauradoras en forma poco común] y las famosas galletas de trigo integral de Sylvester Graham) y no fue hasta fines del siglo cuando revivió este aspecto de los estudios nutricionales, con el estudio de las enfermedades por deficiencia y el descubrimiento de las vitaminas.

Parece no menos cierto que la investigación de los valores nutritivos

específicos fue abrumada por las nuevas posibilidades inherentes en la estimación de los valores de energía de las sustancias alimenticias. A partir de 1860, los energéticos vitales se transformaron en el tema fundamental de los estudios respiratorios y metabólicos. Su instrumento clásico era el calorímetro respiratorio. El calor producido por el cuerpo vivo podía medirse ya fuera directa o indirectamente. El primer método fue ejemplificado por Lavoisier y Laplace: la cantidad de hielo fundido en su calorímetro se consideraba como índice directo del calor emanado por el animal de experimentación. La medición indirecta de la producción animal de calor era más complicada. Experimentos independientes (por ejemplo, los de Frankland) demostraron que carbohidratos, grasas y proteínas producían cada uno, en combustión total, una cantidad definida de calor y productos gaseosos distintivos en cantidades regulares. A partir de esto último pudo calcularse entonces la cantidad de sustancia(s) alimenticia(s) desdoblada en el cuerpo. Esa cantidad podía a su vez convertirse en equivalentes de calor. Sin embargo, en los organismos, los productos finales de la respiración no eran completamente gaseosos. Algunas sustancias nitrogenadas (urea, ácido úrico, creatinina) se expulsan en la orina. Estos productos no están totalmente oxidados y, por lo tanto, retiran del cuerpo una cierta cantidad de energía introducida en las sustancias alimenticias. El método indirecto requiere, por consiguiente, atención escrupulosa a todos los productos respiratorios, ya los pierda el cuerpo a través de los pulmones, la piel, la vejiga o el intestino.

El aparato básico para la medición indirecta de producción de calor fue introducido en 1849. Era un sistema cerrado de tubos y cámara. El bióxido de carbono producido por el organismo de experimentación encerrado se absorbería y pesaría; podían introducirse cantidades medidas de oxígeno según se requirieran. A este dispositivo se le hicieron constantes mejoras, muy notablemente la de producir en el aparato una corriente constante de aire precisamente controlado. Podían tomarse muestras de los gases que abandonaban el instrumento a intervalos regulares y, por lo tanto, se podían realizar experimentos de duración relativamente larga. Usando este circuito ventilado o abierto y obteniendo excretas sólidas y líquidas, Carl Voit y Max von Pettenkofer llevaron a cabo importantes investigaciones sobre los cambios respiratorios, en su laboratorio de Múnich. Demostraron (1862) que la utilización de oxígeno variaba según la naturaleza de las sustancias alimenticias consumidas. Por consiguiente, no controlaba la frecuencia

respiratoria el aporte de oxígeno, sino la disponibilidad de los productos de degradación de las sustancias alimenticias. Esto fue un gran golpe para quienes habían hecho demasiado hincapié en la función directa del oxígeno en el cuerpo y obligó a prestar atención más estrecha al estado fisiológico del cuerpo (salud, hambre, reposo). Aunque Voit y Pettenkofer perfeccionaron así el aparato de respiración, prestaron poca atención al análisis calorímetro. Las técnicas de medición directa e indirecta de la producción animal de calor fueron combinadas por último por un discípulo de Voit, Max Rubner (1854-1932). Rubner mismo señaló que era escasamente necesario proponer al mundo científico que la conservación de la energía se aplicara en el dominio biológico. Sin embargo, esa aplicabilidad se había supuesto o probado sólo en forma laxa; los experimentos clásicos de Rubner (1889-1894) estaban destinados a llevar esa extendida creencia más allá de toda duda.

Rubner colocó un aparato respiratorio ventilador dentro de un calorímetro, formando así un calorímetro de respiración. Esta combinación permitió el registro simultáneo de los intercambios gaseosos respiratorios y la medición directa de la producción de calor; tenían que obtenerse los desechos nitrogenados de la orina y establecerse su valor calórico. Rubner realizó un esfuerzo excepcional para corregir todos los errores de su aparato, para gobernar, según observó, "todos los factores biológicos" pertenecientes a la investigación. Esta incansable minuciosidad fue sin duda la condición de su logro, porque el diseño y los objetivos de sus experimentos no podían considerarse nuevos en la década de 1890.

El propósito de los experimentos era considerar "si las sustancias quemadas en el cuerpo poseen la misma cantidad de calor dada en la superficie del cuerpo del animal". Rubner midió la producción de calor de perros grandes y pequeños colocados en el aparato respiratorio. Varió la dieta (ayuno, pura grasa, grasa y carne, pura carne) y registró las subsiguientes desviaciones en las relaciones respiratorias. A través de esos numerosos experimentos, Rubner descubrió sólo la correspondencia más estrecha entre los valores de la cantidad de calor producida por un animal dado, medida tanto por el método indirecto como por el directo (véase el cuadro 1). En realidad, la pequeña variación de esa cifra caía dentro del margen de error del aparato experimental. Anunció: "En el promedio total de todos los experimentos durante 45 días, el método calorimétrico [directo] muestra que la producción de calor es 0.47 por ciento mayor que la que se había calculado

a partir de los calores de combustión de las sustancias degradadas nutritivas y corporales”. Estos datos satisfacían muy obviamente el objetivo de los experimentos. Rubner concluyó que:

> Ningún dato único aislado, escogido a voluntad de todos estos resultados experimentales, puede dejarnos duda alguna de que la fuente exclusiva de calor en los animales de sangre caliente debe buscarse en la liberación de fuerzas a partir del aporte de energía de las sustancias nutritivas.

Consideraba como una “hipótesis absolutamente incomprensible” que esta conclusión no pudiera aplicarse igualmente a otros animales.

CUADRO VI.1

Dieta	*Duración (días)*	*Calor calculado (indirecto)*	*Calor medio (directo)*	*Diferencia (%)*	*Diferencia promedio (%)*
Hambre	5	1296.3 Cal.	1305.2	+0.69	−1.42
	2	1091.2	1056.6	−3.15	
Grasa	5	1510.1	1495.3	−0.97	−0.97
Carne y Grasa	8	2492.4	2488.0	−0.17	−0.42
	12	3985.4	3958.4	−0.68	
Carne	6	2249.8	2276.9	+1.20	+0.43
	7	4780.8	4769.3	−0.24	

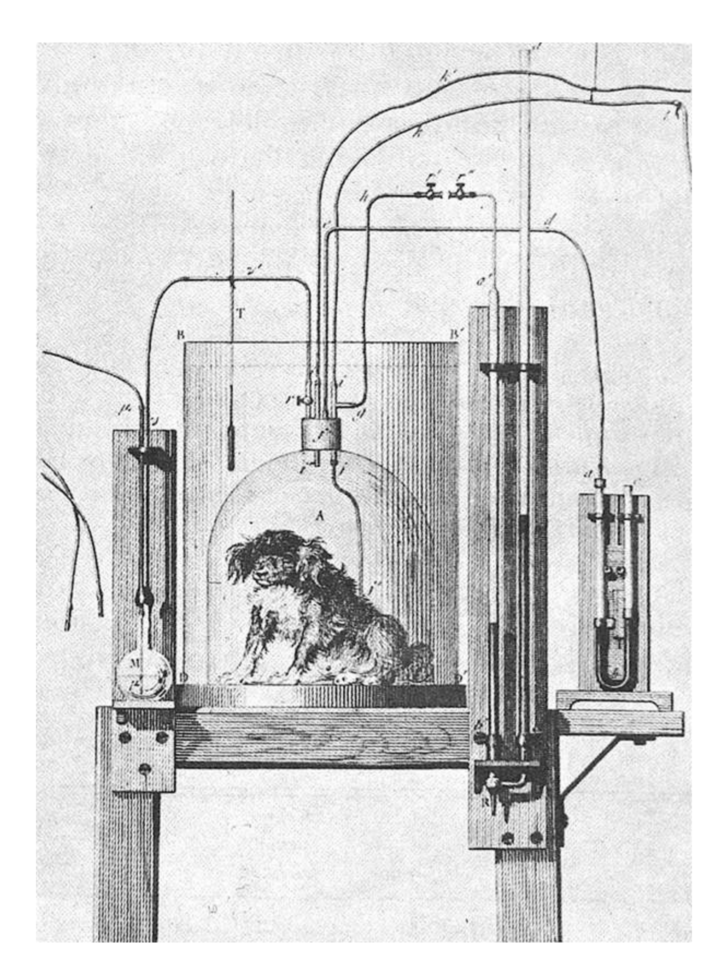


FIGURA V1.4. Se muestra aquí el primer aparato cerrado de la respiración. El oxígeno es proporcionado al perro a través del tubo conectado a la izquierda, el bióxido de carbono producido por el animal se retira de la cámara de experimentación por medio de los tubos de arriba a la derecha. La cámara se ajusta con instrumentos para medir las variaciones de temperatura y de presión. Con este dispositivo y las mejoras subsecuentes que se le hicieron, resultó posible controlar y probar, durante extensos periodos, el consumo y la evolución de virtualmente todos los gases de importancia fisiológica. (Henri Victor Regnault y Jules Reiset, 1849.)

El trabajo de Rubner dio, pues, apoyo seguro a la convicción enunciada primero por Mayer y Helmholtz. El organismo era una máquina de calor. Sus fuerzas eran precisamente equiparables a las del universo en grande y, muy probablemente, las mismas. Por supuesto, esta demostración no contribuyó en nada a nuestro conocimiento de las reacciones intermediarias dentro del cuerpo, esas reacciones cuyo efecto neto sólo se medía por calorimetría de

respiración. Muchos fisiólogos creyeron que la demostración imponía límites necesarios pero prometedores a la investigación biológica. "La característica más impresionante de los organismos vivos —escribió William Bayliss en 1913— es el estado de cambio perpetuo [o trabajo] que manifiestan. Esta capacidad de hacer trabajo se debe a la posesión de algo que se llama energía." Sin embargo, la energía es la marca de los procesos físicos y químicos y sólo con éstos puede arreglárselas el fisiólogo experimental. El libro de Bayliss *(Principles of General Physiology)*** estaba destinado a introducir un sistemático volver a pensar en la estructura de la fisiología y la clave para esa estructura (energía) se derivó de las declaraciones anteriores.

> Debe conservarse en la mente —demandaba Bayliss— que todos los métodos disponibles para los estudios vitales son físicos o químicos de modo que, aunque hubiera una forma de energía peculiar de los seres vivos, podríamos no tomarla en cuenta, excepto cuando se convirtiera en formas conocidas de energía química o física de cantidad equivalente.

Bayliss se refería a la cuestión mayor de confinar la explicación vitalista pero también exponía el poder conceptual dentro de la biología de la doctrina de conservación de la energía. Ante todo, esa doctrina proporcionó puntos concretos de referencia para incluir los cambios respiratorios y metabólicos globales dentro de los organismos. El estudio del intercambio de gases, el del valor calórico de los alimentos y el de las excretas se unieron alrededor del término energía. Y la conversión de la energía potencial de los nutrientes en movimiento y energía utilizable para otros procesos metabólicos proporcionó un esbozo (si no los detalles) de cómo se producía el calor animal. Esto era mucho más que simplemente negar que tal calor era inherente a la criatura viva y, en efecto, incluía la conclusión de Lavoisier de que la vida se conservaba por una combustión lenta. La máquina animal aún era misteriosa en sus partes funcionales, pero su lugar general en el universo (descontando los problemas no resueltos de la actividad psíquica) pareció claro de ahí en adelante. El organismo no era un ser aparte, sino un elemento integral, interactuante en el universo físico.

LA FUNCIÓN, EL OBJETO DE LA FISIOLOGÍA

A las "acciones de la materia viva —escribió Thomas Henry Huxley en 1875 — se les denomina *funciones*". Por consiguiente, la respiración y sus cambios químicos asociados eran funciones y así lo era la multitud de otras

acciones orgánicas (transmisión nerviosa, química digestiva, movimiento cardiaco y flujo sanguíneo, secreción glandular) analizadas cuidadosamente durante el siglo XIX. Los organismos, argüía Huxley, son más que cuerpos naturales que manifiestan estructura definida y comportamiento reproductivo. Son "máquinas vivas en acción; y, bajo este aspecto, los fenómenos que presentan no tienen paralelo en el mundo mineral". La fisiología se transforma así en la ciencia cuya responsabilidad especial es la de estudiar funciones, los mecanismos vitales separados del organismo, así como su efecto colectivo: la vida misma.

Pero la fisiología era, desde hacía tiempo, una ciencia en busca de un método. En verdad, la fisiología había poseído desde la Antigüedad un espectro de métodos para investigar las funciones orgánicas. Esos métodos (principalmente observación y comparación, anatomía patológica, vivisección y, luego, experimentación fisicoquímica sistemática) tenían cada uno sus partidarios que defendían los derechos exclusivos de su procedimiento preferido. La opinión popular transforma fácilmente esas alternativas en un orden de sucesión progresivo, igualando el progreso en las ciencias fisiológicas con la utilización creciente de técnicas experimentales. Esta conclusión es, por supuesto, demasiado simple y deducida en forma laxa. No distingue, como solían hacerlo numerosos fisiólogos del siglo XIX, las variedades del procedimiento experimental útil, y lo que es más importante, no indica la interacción decisiva entre los métodos adoptados por el fisiólogo y su concepción de la vida y el organismo. Comúnmente, esta última determinaba o, cuando menos, ofrecía premisas esenciales para la determinación de los primeros. La comprensión de la vida y el organismo y lo adecuado de los métodos de investigación utilizados eran inseparables.

En este contexto debe tomarse nota brevemente de los instrumentos fisiológicos. La demostración de que los organismos vivos eran máquinas de calor sujetas a la conservación de la energía dependía del calorímetro de hielo de Lavoisier-Laplace, del aparato de Liebig para el análisis de moléculas orgánicas, de cámaras cerradas y abiertas para análisis del gas respiratorio, del espectroscopio y de otros innumerables dispositivos fisiológicos. Pero el diseño y la construcción de esos instrumentos dependían también de la vívida convicción de que los datos registrados tendrían precisamente significado fisiológico. En los instrumentos estaba implícita una interpretación de la vida. Aunque la historia del estudio de la respiración durante el siglo XIX se presta bien a esta conclusión (recordando que esa

historia ha sido relatada aquí en forma altamente selectiva, que oscurece las falsedades, las direcciones equivocadas y los francos errores característicos en toda ciencia), los progresos en otros aspectos de la fisiología prestaron pruebas de apoyo. De ninguna manera era postulada una visión idéntica de la vida por los investigadores de la respiración, del desarrollo embrionario o de los fundamentos neurales o secretorios para la conservación armoniosa del equilibrio funcional del organismo normal. No obstante, se idearon métodos e instrumentos adecuados para los problemas de cada una de las especialidades biológicas en expansión y en su mayor parte se guiaron por la fisiología y tomaron de ella la palabra encantada: experimento.

Ésta es una conclusión familiar, pero su importancia merece repetición. Pueden extenderse las observaciones de Bayliss sobre la aprehensión de diversas formas de energía. Nuestros instrumentos, los signos externos de nuestra ciencia, pueden registrar información sólo a partir del terreno para el que fueron creados. Su creación y, lo que tal vez sea más importante, los datos que aportan son componentes físicos e intelectuales fundamentales de la ciencia. Por supuesto, no son toda la ciencia, porque eso incluye una superestructura intelectual extensa de alcance y coherencia variables, que satisfaga el ajuste a la naturaleza y un caudal de sugerencias para investigación futura. Principalmente dentro de este gran dominio se decidieron bien los términos y los límites que deberán observarse al considerar seriamente el significado de la vida y del organismo; los instrumentos fisiológicos son, en consecuencia, una elocuente expresión de esos términos.

Para algunos fisiólogos, las conclusiones de la investigación respiratoria sugerían, quizá demandaban, que el organismo era, en sentido completamente literal, una máquina física o química. En el siglo XIX tal lenguaje llevaba directamente a la mecánica, supuestamente la más fundamental de todas las ciencias. La vida y el organismo podrían, por consiguiente, reducirse a modelos peculiares de materia en movimiento o tal vez a una fuerza (o fuerzas) controladora de la naturaleza, aún más fundamental. Otros fisiólogos no veían la necesidad de esa conclusión. El hecho de que los organismos pudieran ser analizados por medios fisicoquímicos era una adición valiosa al método fisiológico, pero eso no imponía y ni siquiera sugería conclusiones respecto a la esencia misma de la vida. Para esos hombres, ésta era una cuestión metafísica y, en consecuencia, que no podía resolverse por los métodos y las conclusiones de la fisiología en

boga.

Estas posiciones filosóficas se ejemplifican por otras áreas de interés fisiológico del siglo XIX. La visión anterior o reduccionista volvió a despertar la interpretación materialista tradicional de la vida. El punto de vista posterior se concentraba en los fenómenos vitales y sus relaciones, y evitaba las declaraciones rígidas sobre la naturaleza última de las cosas. Es posible que ésta fuera la concepción más común de la ciencia fisiológica durante el siglo XIX y probablemente llegó a predominar a fines del siglo.

Empero, estaba disponible otra opción, la del vitalismo. Ninguna expresión en el lenguaje de la biología es tan ambigua y está tan abierta al mal uso o al abuso. Es un hecho indiscutible que los vitalistas eran numerosos en el siglo XIX e hicieron cosas maravillosas con sus "fuerzas vitales". Sin embargo, no está del todo claro lo que significaba esa actividad, cuáles eran las cualidades y las capacidades de una u otra fuerza vital y cuál fue la evolución global del pensamiento vitalista durante ese periodo. No obstante, en las primeras décadas del siglo, el tema del vitalismo pareció desempeñar una función significativa en la ciencia en surgimiento de la química orgánica. Parecía que las sustancias orgánicas se formaban sólo en los organismos y eran, por lo tanto, productos de esa misma vitalidad que conservaba al ser vivo. En el centro de esa discusión estaban los químicos Berzelius, Friedrich Wöhler y Justus Liebig.

Cualquiera que sea el modo de interpretación, esas formas distintas de la doctrina fisiológica obviamente estaban de acuerdo con que la función orgánica era el problema central de la ciencia. Sin embargo las interpretaciones (mecanismo, vitalismo o alguna otra) por sí solas pueden proporcionar algún sentido de las soluciones propuestas para el problema de la función y, por extensión, de la naturaleza de la vida. Nuestra ignorancia de estas materias, por desgracia, aún es grande. Ningún estudio disponible ofrece un relato integral y fidedigno de los intereses metodológicos y los ideales explicativos en evolución de la biología del siglo XIX. El análisis de temas especiales es igualmente deficiente. La exposición siguiente del método y la comprensión fisiológicos ofrece, por lo tanto, sólo sugerencias e ilustraciones y no pretende proporcionar una relación completa o indiscutible de esos intereses. La exposición se limitará a tres temas, cada uno sujeto a la investigación histórica en años recientes: vitalismo químico, reduccionismo fisiológico y la postura quizá más moderada o positivista, que proclamaba la ignorancia y el desinterés científico ante cuestiones de esencia o de ser

último.

VITALISMO Y QUÍMICA ORGÁNICA

En 1828 Friedrich Wöhler (1800-1882), un joven químico de Berlín, anunció la síntesis de urea en el laboratorio. La urea era una sustancia orgánica y su producción, como la de otras sustancias tales, se consideraba comúnmente como prerrogativa exclusiva del organismo. El organismo tiene que poseer, obviamente, una capacidad especial o, de hecho, una fuerza vital irresoluble por la cual efectúa esas síntesis de otra manera incomprensibles. La síntesis de Wöhler había asestado desde hacía mucho el golpe de muerte al vitalismo y abierto realmente el organismo al análisis químico. Sin embargo, la erudición reciente había negado las premisas de esa suposición e indicado un significado muy distinto y esencialmente químico del logro de Wöhler. Según esa interpretación, Wöhler contribuyó con pruebas importantes al estudio naciente del isomerismo químico. Los isómeros son sustancias con la misma composición atómica pero con propiedades quimicofísicas diferentes. La urea y el cianato de amonio compartían la fórmula empírica CH_4N_2O y en consecuencia eran isoméricos. La síntesis de Wöhler se sostuvo, además, para arrojar nueva luz sobre problemas particulares de combinaciones químicas orgánicas.

Ninguna de esas contribuciones tuvo significado fisiológico obvio ni tampoco, por supuesto, se refería a la existencia o la naturaleza de una fuerza vital. Aparentemente ha sido el historiador y no los químicos de las décadas de 1820 y 1830, quien ha considerado la síntesis orgánica como el tema crítico para un vitalismo basado en las capacidades químicas del organismo. La mayoría de los químicos del periodo creía que la síntesis artificial, es decir, la producción de sustancias orgánicas fuera del cuerpo vivo, era posible. Su probabilidad dependería sólo de dominar las grandes dificultades técnicas. Berzelius (1779-1848), preceptor de la química a la nueva generación, llegó a creer en la equivalencia esencial de las sustancias y los procesos químicos inorgánicos y orgánicos. Las sustancias orgánicas eran simplemente más complejas en su estructura y su producción y no eran de clase diferente.

> El punto inicial [de la vida] —escribió Berzelius en 1806— debería buscarse en las fuerzas básicas de los elementos y eso [la vida] es una consecuencia necesaria de las relaciones por las cuales se unen los materiales fundamentales […] En consecuencia, no hay fuerza especial que sea

> exclusivamente propiedad de la materia viva a la que pueda llamarse fuerza vital o fuerza para la vida; esta fuerza surge más bien a partir del conflicto de otras numerosas [fuerzas] y la naturaleza orgánica no posee otras leyes que las de la naturaleza inorgánica.

Aparentemente, Berzelius permaneció fiel a esta opinión durante su carrera. Pero en otra parte Berzelius se refiere a la función de una fuerza vital en los asuntos del organismo y hace hincapié en ella. En 1827 habló de "algo distinto" vital, que difería de los "elementos inorgánicos" y no compartía sus cualidades primordiales. Sin embargo, la referencia no era a un factor controlador en la combinación química. Lo que Berzelius parecía tener en la mente era una fuerza reguladora que producía la "organización", esa singular combinación de tejidos y órganos que se denomina organismo.

Berzelius volvió a plantear, por consiguiente (véase capítulo III), la necesidad de una fuerza del desarrollo, cuya definición abstracta sabiamente evitó, pero que seguramente controlaba la formación del nuevo ser vivo. Una vez que el organismo se ha formado completamente o, según la expresión de Berzelius, una vez que se lograron "las relaciones por las cuales se reúnen [sus] materiales fundamentales", existe un organismo adulto, su tarea principal es la de conservar una empresa próspera. Para Berzelius y para las huestes de otros "vitalistas" la producción de la forma orgánica (desarrollo individual) era el campo de acción primario para la fuerza vital; el problema de la regulación de los procesos fisiológicos en el funcionamiento del organismo maduro se ofrecía mucho menos al juego. Los procesos de conservación parecían explicables, al menos para los químicos fisiólogos más optimistas, sobre bases químicas. El de Berzelius era, pues, un vitalismo residual. No definía una fuerza vital separada sino que reservaba ese término para acontecimientos (principalmente del desarrollo embrionario) aún y quizá permanentemente, fuera de la explicación aceptada de otros procesos corporales. Esta conclusión puede necesitar alguna salvedad: Berzelius era teísta y consideraba toda la creación como la obra peculiar de Dios. Su uso de una fuerza vital puede haber tenido sanción divina, si no fisiológica. Como quiera que esto sea, puede verse que la síntesis de Wöhler, lejos de ser el punto de cambio en la química fisiológica y el exorcismo del vitalismo, era, en realidad, un triunfo para los químicos, pero en mucho irrelevante con respecto a la química de la vida.

Las funciones que no fueran de reproducción y desarrollo podían asignarse a una fuerza vital química. Liebig, uno de los primeros maestros de química fisiológica del siglo, explicó la asimilación de los alimentos por la

acción de tal fuerza. Las fuerzas químicas y vitales parecían actuar en forma antagónica: "la fuerza química que conserva juntos los elementos [contenidos en la comida] actuaba como una resistencia, que era superada por la fuerza vital activa". El cambiante dinamismo de la vida, manifestado sobre todo en las variables intensidades de formación y degradación de tejidos, se convierte en la consecuencia de una interacción incesante entre las fuerzas químicas y vitales.

Parecía que éstas y otras declaraciones similares bastarían para identificar a Liebig como vitalista característico. Sin embargo tal conclusión requiere modificación cabal y quizá podría también negarse del todo honradamente. La especificación de Liebig de la fuerza vital se considera completa y cuidadosamente. El suyo era, como el de Berzelius, un vitalismo residual. Muchos fenómenos orgánicos podían resolverse por análisis y modos de explicación químicos; muchos otros tenían todavía que recibir tales fundamentos concretos. Entre los últimos estaban, por ejemplo, la asimilación, el crecimiento y el movimiento corporal.

Liebig habló de fuerzas químicas, así como de la fuerza vital. Sin embargo ambas mostraban una propiedad común fundamental: dependían del "orden en el cual se unían las partículas elementales [de un cuerpo]". Destruir la forma orgánica, la organización estructural y funcional del cuerpo, es destruir la vida misma. "Nada hay", declaró Liebig en consecuencia (1842),

> que nos impida considerar la fuerza vital como una propiedad peculiar, que es poseída por ciertos cuerpos materiales y que se vuelve sensible cuando sus partículas elementales están combinadas en una cierta disposición o forma. Esta suposición no quita a los fenómenos vitales nada de su maravillosa peculiaridad; por consiguiente, puede considerarse como un punto de reposo, a partir del cual puede comenzarse la investigación en esos fenómenos y asimismo, de las leyes que los regulan.

La fuerza vital es, en resumen, una "fuerza peculiar porque muestra manifestaciones que no se encuentran en ninguna otra fuerza conocida".

En estas observaciones son de importancia primordial las palabras "manifestaciones" y "conocida". Liebig invocaba la fuerza vital más como expresión que como entidad y lo hizo así para cubrir actividades obvias del organismo que de otra manera habrían carecido de explicación. El hecho de que todo efecto debe tener su causa era su premisa declarada, y para Liebig tal explicación causal tenía que expresarse en términos de "fuerza". Exactamente como el movimiento de un peso que cae es resultado de la

gravitación y el de un resorte doblado resulta por la elasticidad, así el “movimiento” vital (asimilación y resistencia a agentes externos) tenía que explicarse por una “fuerza vital”.

El interés de Liebig en la fuerza vital, un interés muy observado por sus contemporáneos, apuntaba principalmente a fenómenos vitales, y menos al esbozo de una fuerza singular que por definición virtualmente sería desproporcionada para los fenómenos que debía explicar. Liebig no era un metafísico sino un químico con un profundo interés en los fenómenos vitales. Aunque su fuerza vital era de hecho una “fuerza peculiar”, sus efectos eran “regulados por ciertas leyes” y esas “leyes tenían que estar en armonía con las leyes universales de resistencia y movimiento”. Mientras prevaleciera la explicación de causa y efecto en esta forma simplista, mientras los fenómenos vitales (ya fuera como resultado de nuestra ignorancia o de la condición de que la vida es un fenómeno irreductible) no pudieran dominarse por las categorías explicativas de otras ciencias supuestamente más fundamentales, podrían prosperar las variedades del vitalismo. El vitalismo es siempre un posible modo de explicación; sólo su utilidad y su contribución a la satisfacción intelectual del científico están en duda. Los ejemplos de Berzelius y Liebig ilustran la aspiración a una explicación integral de los procesos biológicos. Esos químicos y quienes compartían sus ideas eran sostenidos por una fe en que los principios químicos eran ampliamente aplicables al organismo y su funcionamiento. Pero por supuesto no todo ese funcionamiento (generación, asimilación y así sucesivamente) podía tener una explicación química. No obstante se pedía la explicación total; los cabos sueltos eran molestos e indeseables y quizá tenían que descubrirse aún verdades ocultas. Para tales fenómenos recalcitrantes, las explicaciones vitalistas seguían siendo de fácil aplicación.

Una opción física

Al declarar la fuerza como la forma operadora en la explicación biológica, Liebig empleó el lenguaje de los filósofos naturalistas alemanes (véase capítulo III). Continuó igualmente su declaración sobre la explicación absoluta, es decir, la demanda de un sistema completamente articulado de pensamiento basado en un número mínimo de premisas cuidadosamente seleccionadas. El mismo comportamiento caracteriza el pensamiento de los reduccionistas fisiológicos. Conservaron la fuerza entre sus premisas y con

ella dieron lugar al movimiento de la materia bruta. En la fuerza, en la materia y el movimiento encontraron satisfacción explicativa. Ésa era una generación nueva, radical y materialista que, en términos filosóficos, buscaba una revolución en la ontología reasignando prioridades para que se diera influencia preponderante a los principios de la mecánica.

Los principales reduccionistas fueron alemanes. Durante la década de 1840, la crítica del absolutismo político y el conservadurismo religioso creció dramáticamente y dio lugar como reacción a la revolución de 1848 que abarcó toda Europa. El materialismo tuvo una función dirigente en este ataque en las Alemanias; se tenía la esperanza de que socavaría las sanciones sobrenaturales de la cristiandad y al hacerlo no sólo sacudiría el dogma de las iglesias sino que también minaría la legitimidad de los príncipes absolutistas contemporáneos que obtenían fuerza de derechos al poder implícitamente divinos. La campaña reduccionista en fisiología puede haber compartido esas raíces radicales al principio pero, después del colapso de las revoluciones y de un incómodo regreso a las formas tradicionales teológico-políticas, era muy evidente que el materialismo fisiológico alemán pertenecía por lo menos a dos partidos. El primer grupo apuntó a la doctrina religiosa, especialmente a la supuesta inmaterialidad del alma, y continuó su agitación política. Ese grupo (Jacob Moleschott, Ludwig Buchner y Carl Vogt) se concentró en popularizar la ciencia, haciendo hincapié en la identidad virtual de ciencia y materialismo.

El segundo grupo, el de los reduccionistas fisiológicos, era claramente más reservado. Eran científicos profesionales, sus intereses eran abrumadoramente fisiológicos y no políticos y, por último, tendían hacia el conservadurismo político. Du Bois-Reymond, por ejemplo, se transformó después en un complaciente ornamento del nacionalismo prusiano y del nuevo imperio alemán. Tres de los reduccionistas dirigentes: Emil Du Bois-Reymond (1818-1896), Ernst Brücke (1819-1892) y más tarde Hermann von Helmholtz (1821-1894) habían sido estudiantes en el laboratorio berlinés de Johannes Müller y tomaron en cuenta la opción reduccionista a principios la década de 1840. Un cuarto miembro del grupo y quizá de mayor influencia, Carl Ludwig (1816-1895), fue capacitado en Marburgo y allí adquirió la “tendencia física”, que era la marca de contraste del grupo. Ludwig y los demás se encontraron en Berlín en 1847, un año antes de que estallara la revolución y ahí, se relata, concibieron el plan para una revolución en la aspiración y la metodología fisiológicas.

La introducción de Du Bois-Reymond (1848) a su obra principal: *Untersuchungen über thierische Elektrizität*,[3] proclamó primero vigorosamente las ambiciones de los reduccionistas. El enemigo era la idea de una fuerza vital autónoma que dominara la vida. El apoyo de esta doctrina lo asentaron, en parte para conservar la fuerza de su polémica, sobre los filósofos naturalistas de la generación anterior. Los filósofos naturalistas, anunciaron, eran metafísicos, no hombres de ciencia responsables. Según Du Bois-Reymond, la "fuerza vital" no era sino un "cómodo lugar de descanso donde, según la expresión de Kant, la razón encuentra paz sobre la almohada de cualidades oscuras". La fisiología debe, por lo tanto, cambiar, y cambiar radicalmente. Tiene que

> cumplir con su destino […] Si uno observa el desarrollo de nuestra ciencia no puede dejar de notar cómo la fuerza vital diariamente se reduce hasta un terreno más limitado de fenómenos, cómo se llevan más y más nuevas áreas bajo el dominio de las fuerzas físicas y químicas […] No [se] puede evitar que la fisiología, entregando sus especiales intereses, algún día sea absorbida en la gran unidad de las ciencias físicas; de hecho [la fisiología] se disolverá en la física y la química orgánica.

Como ejemplificación de esta nueva física orgánica, Du Bois-Reymond ofrecía sus investigaciones sobre electricidad animal. En la acción eléctrica de los nervios, su terreno de especial competencia, se observaban fenómenos que se prestaban desacostumbradamente a los métodos experimentales de las ciencias físicas. Los primeros reduccionistas y sus seguidores eran experimentalistas agudos y dirigentes. Sus instrumentos, notablemente el sismógrafo de Ludwig y el galvanómetro de Du Bois-Reymond y los dispositivos para estimulación eléctrica de los tejidos, simbolizan el alto estatus que asignaron al laboratorio.

Lo que había sido el manifiesto en la introducción de Du Bois-Reymond pronto se convirtió en dogma sistemático. En su influyente *Lehrbuch der Physiologie des Menschen* (1852-1856)[4] Ludwig argumentaba que la fisiología era esencialmente análisis. En forma última reducía el organismo vivo a líquidos imponderables (éter luminoso y electricidad) y a los elementos químicos dependientes de ellos. Ningún análisis ulterior era posible. Por consiguiente, el fisiólogo tenía que concluir (era una declaración de fe de parte de Ludwig) que todos los fenómenos vitales resultan por atracciones y repulsiones, es decir, de las fuerzas inherentes a los líquidos irreductibles, imponderables y a los elementos químicos del cuerpo. Estudiante de Ludwig, Adolf Fick volvió a declarar más tarde (1874), con simplicidad y claridad fundamentales, la posición reduccionista. La

fisiología, declaró, debe tomar una nueva dirección, que demostrará que los “fenómenos vitales” son

> causados por las fuerzas inherentes en las bases materiales del organismo vivo. Como se acostumbra dividir esas fuerzas en químicas y físicas, podemos designarla como la dirección “quimicofísica” [de la fisiología]. Sin embargo, en tanto que todas las fuerzas son, en último análisis, nada más que fuerzas motivo determinadas por la interacción de átomos materiales y en tanto que la ciencia general del movimiento y sus fuerzas causales se llama mecánica, tenemos que designar la dirección de la investigación fisiológica como verdaderamente “mecánica”.

Esta declaración ofrece el núcleo del credo absoluto de los reduccionistas. Fick, como Ludwig, había defendido en alguna otra parte su opinión con el argumento de que la ciencia demanda causalidad. Cuando introducimos la fuerza vital, una “mano extraña” entra así en el cuerpo vivo y trastorna la relación normal, dinámica y autónoma de los átomos del cuerpo. Resulta así inmediatamente una “destrucción de la conexión causal” y en este desastroso asunto “la necesidad de conocimiento del hombre” jamás puede conformarse.

El reduccionista postulaba, por lo tanto, como términos últimos de la explicación fisiológica, tanto la fuerza como la materia y el enlace causal indestructible entre cada acontecimiento sucesivo. Su universo será materialista y mecanicista. No obstante, los términos de los reduccionistas siguieron siendo meramente premisas y no deben considerarse conclusiones necesarias derivadas de fenómenos orgánicos, o, de hecho, inorgánicos. Se prescribió para la fisiología un terreno aparentemente concreto del ser, el de la fuerza, la materia y el movimiento, el dominio de la mecánica. La intención declarada de la prescripción era recolocar las categorías idealistas o espirituales producidas anteriormente por filósofos naturalistas o por otros intérpretes no mecanicistas de la vida. Tanto el reduccionista rígido como el filósofo naturalista sistemático demandaban explicación absoluta y ambos eran esencialmente especulativos en el método y dogmáticos en la afirmación. Por consiguiente, a este nivel general, quizá la mayor diferencia entre el reduccionista y el filósofo naturalista esté en el contenido de sus declaraciones explicativas y no en la forma o la intención de esas declaraciones. En ello reside esa revolución de la ontología registrada antes.

Pero a un nivel más específico tales comparaciones parecen menos plausibles. Está claro que los reduccionistas estaban inspirados por el aborrecimiento de los excesos de sus predecesores. No estaban menos inspirados por los éxitos registrados diariamente en la investigación física y química y por la sincera esperanza de que podrían trasladarse pronto a la

fisiología. Tomaron prestados métodos e instrumentos de la física y la química; seguramente también una porción regular de su materialismo doctrinario y por lo tanto, mucho de su programa.

Empero, el reduccionismo ofrecía tanto demandas programáticas no cumplidas como logros sustanciales. La fisiología experimental hizo progresos extraordinarios durante el siglo XIX y los reduccionistas contribuyeron no menos que otros a ese progreso. Su función fue grande, si no exclusiva, en la definición de medios fructíferos para la investigación de las funciones orgánicas. Pero para satisfacer completamente su programa se requería más que ingenio experimental. La vida, habían argumentado, tiene que reducirse a fuerza y materia y a partir de esos principios primeros tenía que empezar toda la explicación fisiológica. Éste era un objetivo que no iba a lograrse, porque las complejidades de la vida eran vastas y las premisas explicativas, claramente simples. A pesar de su dogmatismo inicial y de la defensa continua de algunos fisiólogos reduccionistas rigurosos, Du Bois-Reymond llegó a darse cuenta de que la fisiología, como todas las ciencias, se enfrentaba a limitaciones definidas en sus aspiraciones explicativas. Ante el "enigma de [lo] que son la fuerza y la materia y cómo deben concebirse" se confesaba impotente. Entonces era necesario admitir "Ignorabimus" ante esos problemas; antes, Du Bois-Reymond había clamado "Ignoramus". Muy poco había quedado de aquella actitud afirmativa de 1848 que había disuelto la fisiología "en física y química orgánicas". Como los primeros químicos fisiológicos, los reduccionistas habían apuntado a explicaciones integrales, pero habían tenido que satisfacerse con soluciones parciales. Sin embargo, su atracción para el fisiólogo moderno y el biólogo molecular, así como la pertinencia de sus declaraciones y su práctica experimental para la investigación fisiológica reciente, no requieren insistencia alguna.

POSITIVISMO EN LA FISIOLOGÍA

El reduccionista y el vitalista podrían estar bastante de acuerdo con que su mayor objetivo era uno. Sus términos explicativos, ya fueran fuerza(s) vital(es) irreductible(s) o la fuerza y la materia subyacentes a todos los fenómenos naturales, podrían responder satisfactoriamente la gran pregunta de ¿qué es la vida? Sus respuestas eran sus suposiciones. Sin embargo, era posible y altamente provechoso proseguir la investigación fisiológica seria sin comprometerse explícitamente en afirmaciones discutibles respecto a la

fuerza de la vida. Ninguna figura ejemplifica mejor este elaborado y autocrítico enfoque de las principales preguntas en la interpretación fisiológica que Claude Bernard.

Bernard (1813-1878) llegó a ser el fisiólogo francés preeminente después de 1850. Su gran destreza experimental se comprobó repetidamente por descubrimientos mayores en el terreno de la digestión y de la química animal, de la farmacología y de la neurofisiología. Era también un observador profundamente interesado del progreso y los métodos de su ciencia y expresó ampliamente su interés en diversas series de conferencias (publicadas después) sobre temas fisiológicos y en tratados destinados a la consideración explícita de problemas metodológicos en fisiología.

Para Bernard, sólo merece el nombre de ciencia el empeño que, en una situación experimental dada, puede producir en forma repetida precisamente resultados similares. La mera observación de los procesos orgánicos es siempre interesante pero, faltándole condiciones controladas en forma precisa, sólo brinda datos incidentales y no reproducibles. Nunca podría erigirse una ciencia segura de la fisiología sobre tales datos. La certidumbre acerca del dato, lo que quiere decir esencialmente que ese dato pueda repetirse, tiene que llegar a ser el fundamento de la fisiología y de la medicina científica. En ello entra la necesidad del procedimiento experimental especificado cuidadosamente. Es absurdo, decía Bernard, separar la observación y el experimento, ya que el segundo incorporará necesariamente a la primera. Pero el experimento significa más, mucho más, y este significado adicional definía verdaderamente la práctica de la fisiología. "La experimentación —escribió Bernard— es sólo *observación provocada*, [observación] llevada más adelante con la ayuda de instrumentos o de otros medios." La experimentación, por lo tanto, necesitaba la intervención humana en el curso de procesos vitales. La fisiología no era pasiva ni se contentaba simplemente con acumular y coordinar datos; debía actuar sobre los fenómenos que observaba y registraba y, por lo tanto, controlarlos. El "objetivo de toda ciencia —escribió Bernard— es prever y actuar".

Por consiguiente, la atención de Bernard se concentraba en problemas de método. Cualesquiera que fueran los procedimientos de laboratorio que el experimentalista eligiera emplear, su asunto eran los fenómenos y sus condiciones determinantes y no las causas últimas y la esencia de la vida.

No podemos llegar —declaró Bernard en 1875— hasta el principio de cosa alguna y el fisiólogo no

> tiene más que hacer con el principio de la vida que el químico con el principio de afinidad de los cuerpos. Las causas primeras nos eluden dondequiera y asimismo, dondequiera podemos alcanzar sólo las causas inmediatas de los fenómenos. Ahora bien, esas causas inmediatas, que no son más que las mismas condiciones de los fenómenos, se prestan tanto a la averiguación rigurosa en la ciencia de los cuerpos vivos como en las de los carentes de vida.

Esas palabras expresaban claramente el positivismo de Bernard. El positivista estricto se limita a los fenómenos y a las relaciones descubribles entre fenómenos. Evita buscar las causas primarias y la esencia de las cosas. Auguste Comte, creador del punto de vista positivista sistemático, había proclamado en 1830 que

> sólo el conocimiento de los hechos es fértil; que la forma fundamental para la certidumbre es proporcionada por las ciencias experimentales; que la mente, tanto en filosofía como en ciencia, evita el mero verbalismo y el error en la condición de adherirse sin cesar a la experiencia y renunciar a todo lo que se da *a priori;* que, por último, el dominio de "las cosas en sí mismas" es inaccesible y que nuestro pensamiento puede alcanzar sólo las relaciones y las leyes.

Bernard ha sido retratado como el más consecuente de los positivistas científicos y ciertamente sus ideas metodológicas, como tan vigorosamente lo declaró, están en acuerdo admirable con su práctica real en el laboratorio de fisiología. Bernard nunca perdió de vista que el hecho bien establecido, el hecho positivo, debe formar la base de toda generalización en la ciencia fisiológica.

Para Bernard, la tarea primaria de los experimentalistas era descubrir y luego manipular las "condiciones de los fenómenos". Mientras más variadas y más cuidadosamente ideadas fueran esas manipulaciones, mayor sería nuestro conocimiento de los fenómenos y de las interrelaciones altamente importantes entre los fenómenos mismos y entre esos fenómenos y nuestros instrumentos de investigación. La fisiología activa de Bernard tenía pues que producir una conciencia cada vez más rica de las relaciones entre las actividades funcionales y eso podía ser así sin interés en el verdaderamente inalcanzable "principio de la vida".

Esas conclusiones definen claramente la actividad del fisiólogo experimental que Claude Bernard consideraba como ideal. Podía hacer hincapié en el control de todas las condiciones que afectan al organismo; podía demandar precisión razonable pero no excesiva en su registro de datos; podía, en resumen, dominar la situación experimental y descubrir así "el enlace entre el hecho y la idea, entre el fenómeno y sus condiciones". Paul Bert, entrenado por Bernard y él mismo un fisiólogo experimental, enunció bien (1870) el "simple buen sentido" que consideraba característico de la

fisiología francesa y tenía su origen en Bernard:

> Establecer la relación general entre los fenómenos y las condiciones experimentales que dominamos, variar esas condiciones tanto como podamos, disponer y formular los resultados así obtenidos y tratar de descubrir, multiplicando nuestros puntos de vista, qué clase de modificaciones tiene que experimentar nuestra fórmula para ser aplicable a las complejas condiciones sobre las que no tenemos control: tal es la función verdadera para nosotros los fisiólogos y tales son los límites que [uno no debe] traspasar.

Bernard ofreció sus prescripciones metodológicas menos para definir el procedimiento de laboratorio concreto que para demostrar la posibilidad misma de una genuina ciencia fisiológica. Las doctrinas predominantes en París durante los años de estudio de Bernard habían sido difundidas por Xavier Bichat y sus seguidores. Los bichatianos resolvían el cuerpo en tejidos y a cada tejido habían asignado una combinación única de propiedades (véase capítulo II). Bernard apreciaba su labor y vio en ella tanto la negación de una fuerza vital unitaria y omnipotente como la promesa de que los fenómenos vitales podrían analizarse vigorosamente prestando estrecha atención a las cualidades especiales de las partes del cuerpo. Pero Bichat también había argumentado que la vida verdadera significa espontaneidad. La actividad incesante del organismo (su cualidad más conspicua e importante) desafiaba la medición exacta y la codificación en leyes. La ciencia (Bernard estaba pensando en la física y la química contemporáneas) se asentaba, empero, en la existencia de leyes estables. La regularidad de la naturaleza era la presuposición necesaria del científico. Llevar los fenómenos a un acuerdo con esas regularidades abría la posibilidad de control sobre las condiciones que producían los fenómenos deseados. Sólo allí, en un terreno donde gobernaran la precisión y la predicción, sería posible la ciencia. Rehusando poner la vida bajo "cualquier ley exacta, cualquier condición constante y establecida", Bernard creía que los sucesores vitalistas de Bichat no sólo habían afirmado que la esencia de la vida es inescrutable sino que también habían argumentado que nunca podría crearse una ciencia real de la función orgánica.

Bernard, el estudioso del organismo vivo, no deseaba el vitalismo ni el materialismo mecanicista; deseaba la fisiología como ciencia autónoma. La naturaleza del organismo demandaba esa conclusión. El mecanicista ofrecía declaraciones orgullosas y datos precisos, pero muy poca comprensión del comportamiento global o integral del organismo. El vitalista extremo virtualmente proclamaba que tal comprensión era inalcanzable. El enfoque

fisiológico de Bernard era situar la célula en el centro de todo el interés biológico. La célula era la base común de la vida en plantas y animales y su funcionamiento estaba sujeto precisamente a las condiciones (por ejemplo, temperatura, aporte de nutrientes, equilibrio de líquidos y así sucesivamente) de las que se ocupaba el fisiólogo para definirlas y controlarlas. A partir de esos pensamientos surgió la famosa generalización de Bernard del ambiente interno. Todo animal, enunció, vive en dos ambientes: el *"ambiente externo* en el que vive el organismo y el *ambiente interno* en el que viven los elementos histológicos [células]". El ambiente interno es el complejo líquido (en animales superiores, el plasma o parte líquida de la sangre) que daña las células, intermedio entre las células y el mundo externo y es ampliamente la causa de esa integración armoniosa de miríadas de diversos acontecimientos físicos y químicos que toman lugar en el organismo. "La fijeza del ambiente interno es —manifestaba vehementemente— la condición [necesaria] de una vida libre e independiente."

Al proponer su noción del ambiente interno, Bernard nunca perdió de vista las reflexiones más amplias sobre fisiología y método fisiológico. El ambiente interno preservaba la integridad del organismo: ahí había doctrina científica; era definido por parámetros físicos y químicos medibles: ahí había "condiciones" para la investigación experimental. El fisiólogo establece las relaciones entre los fenómenos vitales. No pretende buscar la esencia de la vida. En vez de proponer una "definición" de la vida, Bernard insistía en que el fisiólogo debe obtener una "concepción" de la vida y esto quería decir muy simplemente tomar una visión *a posteriori* de los fenómenos vitales. Necesitamos, continuaba, "derivar una distinción entre el mundo metafísico y el mundo físico fenomenológico, que sirve como su base pero no puede tomar prestado nada de él… *Pensamos* metafísicamente, pero *vivimos* y *actuamos* físicamente".

Bernard y los reduccionistas estaban de acuerdo con que la experimentación basada en los principios y las técnicas de la física y la química ofrecía los fundamentos más seguros para el progreso de la fisiología. Bernard también hacía hincapié en los valores distintivos de la vivisección para la fisiología, continuando así las tradiciones anatómica y quirúrgica de esa ciencia. Pero rehusaba compartir los compromisos metafísicos de sus contemporáneos alemanes. Cualquier otra cosa que la experimentación pudiera enseñar acerca de la vida del organismo no podría demostrar que pudiera reducirse a fuerza y materia. No podría hacerlo así

porque el conocimiento de la naturaleza última de los procesos vitales nos estaba cerrado para siempre. Cuando mucho, la fuerza y la materia eran fenómenos o nuestras interpretaciones basadas en fenómenos; no eran causas primeras. Sobre fundamentos similares, las ideas de Bernard partían de certidumbres metafísicas de vitalistas dogmáticos.

Fisiología

La historia de la investigación de la respiración ilustra numerosos aspectos de la evolución de la fisiología durante el siglo XIX. Esa historia no debe contemplarse como una narración de progreso ininterrumpido, porque ese es raramente el caso en la evolución de la ciencia y ciertamente no ocurrió en la fisiología respiratoria. Sin embargo, para los propósitos de esta breve exposición, se ha hecho hincapié en el logro y se ha enfocado la atención sobre las investigaciones que culminaron en la teoría integradora de Rubner en la década de 1890. En la raíz de la fisiología respiratoria están los acontecimientos químicos de combustión y éstos a su vez llevan a la física al terreno de la energía. Se había demostrado que el organismo era una verdadera máquina de calor. Los análisis químico y físico apuntaban hacia las fuentes de energía contenida en los alimentos ingeridos y sugerían vías y medios posibles dentro del cuerpo para la conversión de esa energía en formas útiles para el organismo. En 1900, los detalles de estas últimas operaciones eran aún bastante oscuros y no todos los fisiólogos tenían confianza en que fuera posible la resolución de esos problemas. No obstante había confianza en que las actividades manifiestas del organismo (locomoción, secreción glandular, transmisión nerviosa, operaciones digestivas, y otras muchas) requerían, en último análisis, energía abundante para su ejecución. Las investigaciones del siglo revelaron que la energía requerida estaba en efecto disponible y que la transformación de energía del organismo estaba precisamente de acuerdo con los principios generales establecidos para las transformaciones de la energía en el universo a gran escala. Para quienes se preocupaban de hacerlo, había ahí ricas sugerencias para volver a definir la concepción familiar del organismo como una máquina y para recomendar con ahínco la finalidad de esa solución para la pregunta de qué era la vida.

La información sobre la que se basaban esas conclusiones, ya fueran fisiológicas, metafísicas o simplemente especulativas, se deriva tanto de la

observación como del experimento. Las observaciones de Bernard requieren que vuelva a hacerse hincapié en ellas: la observación, en sí misma un término complejo desde el punto de vista de la metodología, se presupone por experimento. Tampoco el experimento es una expresión simple. Durante el siglo XIX, el experimento se fue convirtiendo más y más en el grito de reunión de los fisiólogos más jóvenes y ambiciosos. Sus definiciones del término variaban, pero compartían un objetivo común. El experimento, sea lo que fuere lo que pueda significar o ser, tenía que garantizar el control sobre el aspecto y la variabilidad de los fenómenos bajo investigación. Ya se procediera como viviseccionista, confiando en la intervención quirúrgica en los asuntos del organismo o se explotaran estrechamente los conceptos y los instrumentos de las ciencias físicas, los fisiólogos podían estar de acuerdo en que el dominio de los fenómenos vitales era su objetivo alcanzable. Esas convicciones estaban en el núcleo tanto de la práctica de los experimentalistas como en las bien consideradas reflexiones de Bernard sobre los métodos de su ciencia. Dependían de una firme creencia en la regularidad de los procesos naturales y se derivaban también de una lectura inversa de la convicción consagrada por el tiempo de que el cocimiento es poder: controlar es saber.

VII. EL IDEAL EXPERIMENTAL

EL ÚLTIMO cuarto del siglo XIX marca un punto de cambio en los asuntos de la biología. A medida que los biólogos se fueron concentrando más asiduamente en problemas de la función orgánica, trasladaron su lealtad de ideal de la explicación histórica, el apoyo crítico para todos aquellos que habían estudiado la forma y la transformación orgánica, a la promesa hecha por la investigación experimental de los procesos vitales. Durante todo el siglo, las áreas de la biología más presentes en el ojo público, probablemente también las disciplinas con el mayor número de practicantes capacitados, habían dependido de la explicación histórica. La embriología, la historia natural, la teoría de la evolución e incluso la anatomía celular eran fundamentalmente disciplinas históricas. Al describir o reconstruir el pasado, el historiador de la vida estaba persuadido de que poseía en su conocimiento recientemente adquirido no sólo una crónica fascinante de acontecimientos sino, más significativamente, una explicación profundamente satisfactoria de tales acontecimientos. Dondequiera que se aplicara, la explicación histórica se consideraba como explicación causal. "La concepción 'histórica' de la naturaleza", escribió el historiador John Bagnell Bury, es aplicable a los seres celestes y terrestres y ha "revolucionado a la ciencia natural"; esta concepción "pertenece al mismo orden de pensamiento que la concepción de la historia humana como un proceso continuo, genético y causal". El biólogo como historiador y el historiador general del hombre y la sociedad humana trataban con fenómenos comparables y suponían necesariamente un modo común de explicación.

Al trazar la formación de una nueva célula a partir de una célula preexistente, se era testigo del proceso real de generación celular. La misma confrontación directa de las etapas continuas del proceso de desarrollo o del proceso histórico era posible cuando se examinaba atentamente el complejo orden de sucesión de la embriogénesis. En ambos casos, el observador recibía una impresión concreta y aparentemente indiscutible de que la célula hija o la etapa embrionaria tardía no sólo seguía en el tiempo a una célula o una etapa relacionada e inmediatamente antecedente, sino que era producida

por esa misma célula o etapa previa. El argumento causal empleado ahí es claramente *post hoc propter hoc*, y está ampliamente abierto a la crítica que puede dirigirse siempre contra aquellos que confundirán la sucesión temporal y la explicación causal. Pero tal confusión es el núcleo y la condición misma de la mayor parte de la explicación histórica pasada y presente, y el empleo que hace el biólogo de ese argumento sólo lo ata más estrechamente al mayor prejuicio intelectual del pensamiento del siglo XIX.

El biólogo evolucionista se encaraba a una dificultad adicional. El registro de hechos de la historia de la vida sobre la tierra estaba incompleto. Sólo en los casos más raros osaba suponer, y eso con la mayor trepidación, que una especie extinta particular había dado lugar en un número determinado de generaciones a otra especie particular. La continuidad temporal de las formas vivas era convincente en el sentido más amplio, pero muy deficiente cuando se deseaba comparar (como debe hacerse cuando se busca un conocimiento preciso y detallado del proceso evolutivo mismo) especies u organismos que formaran dos etapas continuas cualesquiera en el registro evolutivo. Los biólogos del siglo XIX que conocían el problema trataban de resolverlo. Su solución parece hoy sólo verbal, pero entonces se consideraba como eminentemente causal. El hecho de la evolución demandaba cierta conexión, de preferencia material, entre todos los individuos que se reproducían y entre las especies que componían éstos. A esa conexión se le nombró herencia.

> El desarrollo evolutivo ha ocurrido y continúa ocurriendo a través de la agencia de la propagación material, a través de la generación ancestral y según las leyes de la herencia y de la variabilidad y adaptación que modifican la herencia. Todas las formas de vida —continuaba Ernst Haeckel (1866) — aun las más superiores y complejas entre ellas, pueden surgir sólo por estos medios: a través de diferenciación gradual y transmutación de las formas más sencillas y más inferiores de existencia.

La naturaleza real de la agencia hereditaria y de las leyes, si las hay, que gobiernan su acción, fueron el mayor misterio que tenían que confrontar los primeros biólogos evolucionistas. Pero la necesidad de una agencia hereditaria, tan hipotética como fuera y tan improbables como pudieran parecer sus diversas formulaciones, es de capital importancia para el tema de la explicación histórica como explicación causal. Por medio de la herencia, definida en forma mínima como el enlace esencial (físico) entre dos individuos producidos sucesivamente, el biólogo evolucionista se aseguraba de que podría experimentar esa misma confrontación directa, mucho más accesible para el anatomista celular o para el embriólogo, con las etapas continuas de un proceso temporal. La herencia llenaba en detalle un registro

histórico reconocido como deficiente y, al hacerlo así, completaba el argumento para la explicación histórica esencial de los acontecimientos evolutivos.

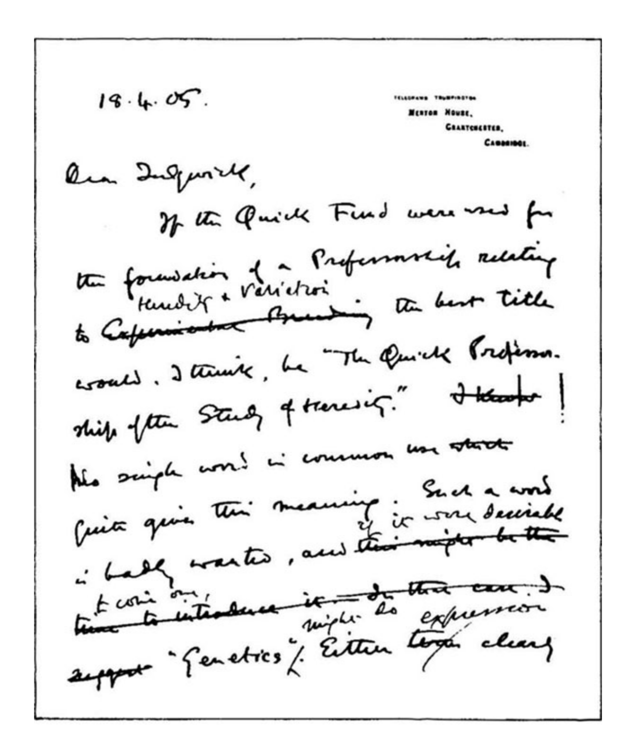
Aquellos que empleaban la explicación histórica eran principalmente estudiosos de la forma orgánica, de las partes constituyentes (células) del cuerpo, de la producción del organismo por medio de esas partes y sus productos (tejidos, órganos) y de su disposición última en el cuerpo adulto, de la transformación de una especie (una entidad colectiva de formas similares) en otra especie. Sin embargo, los intereses biológicos son considerablemente más amplios que esto. El estudio de la función orgánica aumentó más y más su importancia durante el siglo XIX y en ello están la inspiración, los conceptos explicativos y la instrumentación de laboratorio para la reorientación del pensamiento biológico que marcó el fin del siglo.

La función desplazó la forma como el objetivo de la investigación biológica. Se introdujo una revuelta a partir de la morfología; empezó una reacción contra la descripción y la comparación. Los ideales anhelaban las valiosas posesiones de la fisiología: delineación precisa (queriendo significar cuantitativa) de los fenómenos orgánicos, control experimental de esos fenómenos y aspiración a la predicción de los fenómenos se extendieron a la mayor parte y quizá a todos los dominios de la biología. Fue esta vasta extensión, a través de las muchas especialidades de la biología, de los ideales y la práctica del fisiólogo, lo que transformó las perspectivas de la biología durante las décadas de 1880 y 1890 y aseguró un brillante futuro para la más joven generación de investigadores (disciplinados, ambiciosos y con una buena capacitación sin precedentes) que definieron entonces sus objetivos vitales. Thomas Henry Huxley dijo las mayores verdades a esa generación y a la gran mayoría de los biólogos anteriores y contemporáneos cuando declaró en 1874 que "el paralaje del tiempo nos ayuda a encontrar la verdadera posición de una concepción, como el paralaje del espacio nos ayuda a encontrar la de una estrella". No obstante, sólo 30 años después, Thomas Hunt Morgan, estudiosos en sucesión intelectual directa a partir de Huxley, habló por una nueva biología:

> [El] reconocimiento de que sólo mediante métodos experimentales podemos esperar situar el estudio de la zoología en pie de igualdad con las ciencias de la química y de la física, es una concepción comparativamente nueva […] Creo que se admitirá generalmente que en el tiempo presente hay una mayor necesidad de trabajo experimental que de estudio descriptivo y de observación.

Morgan no menospreció la obra de los biólogos hábiles dedicados a los "problemas descriptivos históricos de la biología". Su objetivo ampliamente compartido no era el de destruir sino el de construir. Los avances en la comprensión del proceso respiratorio esencial (la liberación de calor y energía a partir de los alimentos para dar fuerza al organismo vivo) ejemplifica el progreso del siglo XIX en la instrumentación experimental y la elaboración conceptual de la fisiología. En gran parte pudo lograrse esto mismo haciendo hincapié en el desarrollo de la neurofisiología o en aspectos de la fisiología cardiovascular. El éxito de la fisiología parecía una función de su apasionado interés en la investigación experimental. Experimento significaba, sobre todo, control de las condiciones ambientales pertinentes (desde control general de la temperatura o la iluminación hasta, por ejemplo, el nivel más específico de estimulación por agentes específicos de partes particulares del cuerpo) e incluía también la aportación de medios adecuados para registrar precisamente las reacciones del organismo. El experimento era un instrumento para descubrir, un método para verificar y frecuentemente, la base de la instrucción práctica del laboratorio. Dado el dominio humano de las condiciones fisiológicas y la reafirmación siempre necesaria de que la naturaleza es regular y no caprichosa, el experimentalista podía variar a voluntad esas condiciones y por lo tanto registrar el espectro subsecuente de las reacciones vitales.

La gran atracción del análisis experimental de las funciones orgánicas es obvia. Si se ejecutaba cuidadosamente y se dirigía hacia preguntas formuladas adecuadamente, el experimento prometía la obtención de conocimientos fidedignos. Para muchos, esa certeza era una función de los propios instrumentos y éstos, aunque se admitiera su imperfección, eran infinitamente preferibles a la aparente subjetividad de la observación y la comparación según el diálogo tradicional. Además, los instrumentos fisiológicos prometían acceso a aspectos del organismo hasta entonces ignorados o efectivamente excluidos de la inspección sin material. Incluso la vivisección, aunque escasa de instrumentación compleja, aportaba, en manos expertas, datos fidedignos y demostraba una vez más su función central en la investigación fisiológica.



TELEGRAMS TRUMPINGTON.
MERTON HOUSE,
GRANTCHESTER,
CAMBRIDGE.

18.4.05.

Dear Sedgwick,

If the Quick Fund were used for the foundation of a Professorship relating to Heredity & Variation the best title would, I think, be "The Quick Professorship of the Study of Heredity." No single word in common use quite gives this meaning. Such a word is badly wanted, and if it were desirable to coin one, "Genetics" might do. Either expression clearly

FIGURA VII.1. Se hizo una donación a la Universidad de Cambridge para el establecimiento de una nueva cátedra en biología. La cátedra se asignó finalmente a la protozoología, pero esa decisión se hizo sólo después de que William Bateson, el defensor inglés de los estudios mendelianos sobre la herencia, había apelado a su maestro de Cambridge, el profesor Adam Sedgwick, para que ayudara a destinar el nuevo fondo al prometedor dominio de la genética. Bateson acuña aquí el término *genética;* apareció impreso por primera vez en 1906: “Si el Fondo Quick se usara para la fundación de una cátedra relacionada con la herencia y la variación, creo que el mejor título sería una ‘cátedra de Quick para el estudio de la herencia’. Ninguna palabra única de uso común tiene este significado. Tal palabra es muy solicitada y si fuera adecuado acuñar una, podría ser ‘genética’. Cualquier expresión claramente (incluye a la variación y fenómenos análogos).” (William Bateson, 1905: Gregory Bateson.)

Ningún biólogo podía resistir durante mucho tiempo la tentación de un método tan prometedor. El caso más notable de redefinir la dirección de una disciplina biológica (la embriología) fue dado por Wilhelm His y especialmente por Wilhelm Roux (véase el capítulo III). Su interés en la posibilidad y los medios para la manipulación de las condiciones del desarrollo embrionario, crearon en mucho el campo apacible y vital de la embriología experimental. His no vio el valor de simplemente rechazar el método de observación y comparación que se originaba en los primeros epigeneticistas y notablemente en Von Baer. Sin embargo, reconocía lo incompleto de su obra y en consecuencia argüía que "los métodos científicos generales de medir, pesar y estimar volúmenes no podían descuidarse en el trabajo embriológico".

Otras voces hicieron llamados similares. Los jóvenes capacitados durante la década de 1880 en las variedades del darwinismo (véase el capítulo IV) pronto expresaron su insatisfacción con respecto al principal objetivo puesto ante ellos: la reconstrucción de la historia evolutiva de las plantas y los animales por medio de anatomía comparada, embriología y paleontología. Sostenían que entonces era mucho más importante tratar de analizar el proceso de cambio que buscar detalles probablemente inalcanzables concernientes a los productos de cambio. El único método verdaderamente adecuado para ese nuevo objetivo era el análisis experimental del comportamiento reproductivo vegetal y animal y de la exposición de características heredables entre los descendientes. Tal trabajo prometía contestar las notables preguntas de la teoría evolucionista. "En el transformismo experimental [básicamente, el estudio de la hibridación y las influencias ambientales] —escribió Henry de Varigny en su adecuadamente titulada *Evolución experimental* (1892)— está la única prueba que podemos aplicar a la teoría evolucionista." No obstante, los descubrimientos de Mendel pronto se hicieron conocidos y la investigación experimental de la herencia y la variación se transformaron inmediatamente en el núcleo de la nueva ciencia de la genética. Ahí también y entonces en el punto medular de la especulación evolucionista del siglo XIX, apareció el experimento y llevó claridad y precisión (estadística). La nueva dirección se retrata vívidamente en el simple título de la gran obra de Wilhelm Johannsen: *Elemente der exacten Erblichkeitslehre* (1909),[1] el más temprano compendio mayor de conocimientos sobre genética.

El ideal experimental apareció en otras partes. Después de 1870 el estudio

de la célula se dirigía más y más hacia las condiciones físicas, principalmente el funcionamiento de la membrana y los fenómenos osmóticos, que aseguraban las operaciones químicas de esa estructura. El proceso de fecundación fue inducido artificialmente por estimulantes físicos y químicos. Se prepararon y perpetuaron cultivos de tejidos aislados. Ésas eran técnicas poderosas que abrían la perspectiva de manipulación experimental sin límite y valoración de los procesos críticos de reproducción y crecimiento. Las brillantes operaciones de laboratorio y las precauciones experimentales de Robert Koch, con Louis Pasteur como el principal personaje en la creación de la bacteriología científica y de la teoría de los gérmenes de la enfermedad, aseguraron virtualmente hacia 1880 que tanto la medicina como las medidas de prevención de la salud requerirían un nuevo fundamento que se lograría sólo en el laboratorio. Incluso los estados conscientes de la mente y los instintos serían perseguidos por el experimentalista; empezando en la década de 1870 el laboratorio se transformó en un campo de entrenamiento para los psicólogos. En lugar del recurso acostumbrado de introspección y descripción de los estados mentales, los nuevos psicólogos fisiológicos buscaban por medio de instrumentos exactos y estímulos aplicados adecuadamente crear una ciencia rigurosa de la psicología.

El ideal histórico no estaba perdido para la biología. Más bien había sido complementado, pero en forma tan enérgica como para situarlo en una posición claramente menor. En el libro de la biología en 1900 estaba escrita una palabra persuasiva: experimento. Las filas de la generación de los mayores, de los grandes evolucionistas, estaban presentando huecos rápidamente y los nuevos reclutas de la biología se inclinaban a ser partidarios de una visión fisiológica de los intereses de la biología. La función, estudiada entonces más y más a nivel físico y químico y con la ayuda de instrumentos conceptuales y de laboratorio, significaba proceso vital, los acontecimientos de día a día, de segundo a segundo, cuya suma total era la vida. La fisiología experimental había establecido un modelo accesible a tales acontecimientos y ese acceso (el experimento) alentaba poco al historiador tradicional de la vida. Pero para los demás, para el embriólogo, el bacteriólogo o el estudioso de la herencia y la variación, el modelo era verdaderamente el nuevo ideal. En su nombre (experimento) se puso en movimiento una campaña para revolucionar los objetivos y los métodos de la biología.

BIBLIOGRAFÍA

Biología

Las historias generales de la biología, especialmente cuando tratan del siglo XIX, rara vez ofrecen más que un simple registro de nombres, fechas y descubrimientos. Sin embargo, una excepción es *History of biology* de Erik Nordenskiøld (Nueva York, 1928). La forma en que Nordenskiøld cubre la anatomía, la embriología y la historia natural es más fidedigna y completa que su relato de fisiología y evolución. Otra excepción, más limitada en su alcance, pero sobremanera útil aún hoy en día, es *History of botany (1530-1860)* de Julius von Sachs, traducida por H. E. F. Garnsey (Oxford, 1890). El único trabajo en inglés dedicado exclusivamente a la biología del siglo XIX es *The science of life. An outline of the history of biology and its recent advances* de J. Arthur Thomson (Chicago, 1899). John T. Merz proporciona exposiciones particularmente valiosas de morfología, explicación histórica en geología y biología y problemas generales de la vida en su clásico *A history of European thought in the nineteenth century* (reimpresión, Nueva York, 1964), II, 200-464. La evolución en muchos aspectos de la biología es relacionada con el progreso de la medicina por R. H. Shryock en *The development of modern medicine* (Nueva York, 1947).

La biología y sus subdisciplinas son incluidas por Everett Mendelsohn en una revisión de problemas de profesionalización científica: "La emergencia de la ciencia como profesión en la Europa del siglo XIX", *The management of scientists*, edición K. Hill (Boston, 1964). Véase también el excelente análisis hecho por Joseph Ben-David: "Scientific productivity and academic organization in nineteenth century medicine", *American Sociological Review* 25 (1960): 828-843. Una relación arrolladora y polémica acerca del patronazgo del estudio y las instituciones biológicos, particularmente los museos, la da William Swainson en *A preliminary discourse on the study of natural history* (Londres, 1839), 296-450. Respecto a la aparición de los institutos de fisiología véase *Histoire des universités françaises et étrangères* de Stephen d'Irsay (París, 1935), II, 280-290.

Dos ensayos tratan generalmente de la terminología y de otros problemas referentes al empleo de la explicación histórica en biología (véase también Merz, más atrás): de Walter Baron y Bernhard Sticker, "Ansätze zur historischen Denkweise in der Naturforschung an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert", *Sudhoffs Archiv* 47 (1963): 19-35; de Walter Baron, "Wissenschaftsgeschichtliche Analyse der Begriffe Entwicklung, Abstammung und Entstehung im 19. Jahrundert," *Tecknikgeschichte* 35 (1968): 68-79.

FORMA

Ninguna obra ha remplazado a *Form and function* de E. S. Russell (Londres, 1916), como relato integral aunque a menudo técnicamente intransigente de las ideas sobre la naturaleza y la formación del organismo del siglo XIX. El libro de Russell definió ampliamente su campo y al hacerlo así hizo inteligible una vasta cantidad de estudio biológico de otra manera desorientador y aparentemente sin relación. William Coleman ha publicado textos que ilustran diferentes puntos de vista sobre el estudio adecuado de la forma orgánica, junto con un breve ensayo histórico y una nota bibliográfica: *The interpretation of animal form* (Nueva York, 1967). *The evolution of the microscope* por S. Bradbury (Oxford, 1967) suplanta estudios previos de este instrumento.

La iniciadora *Histoire des origines de la théorie cellulaire* de Marc Klein (París, 1936) debería completarse con *A history of cytology* de Arthur Hughes (Londres, 1959), un ensayo legible y fidedigno, y con el exacto análisis en cinco partes de John R. Baker: "The cell-theory: A restatement, history and critique", *Quarterly Review of Microscopical Science* 89 (1949): 103-125; 90 (1949): 87-108; 93 (1952): 157-190; 94 (1953): 407-440; 96 (1955): 449-481. Thomas S. Hall dedica una sección principal de su *Ideas of life and matter* (Chicago, 1969), II, 121-304, a "Tejido, célula y molécula, 1800-1860". Un estimulante ensayo, que relaciona la creación y la evolución de la teoría celular con el tema mayor de la individualidad biológica, es el de Georges Canguilhem "La théorie cellulaire", *La connaissance de la vie*, 2ª ed. (París, 1967), 43-80.

Sobre los fundadores y defensores de la doctrina celular véase *Theodor Schwann, Leben und Werk* de Rembert Watermann (Düsseldorf, 1960); *Naissance et déviation de la théorie cellulaire dans l'oeuvre de Theodore*

Schwann de Marcel Florkin (París, 1960) y *Rudolf Virchow. Doctor, statesman, anthropologist* de Erwin Ackerknecht (Madison, 1953). Leland J. Rather publicó una colección de ensayos de Virchow, traducida al inglés: *Disease, life and man* (Stanford, 1968). Mathias Jacob Schleiden todavía tiene que atraer a un biógrafo moderno, sin embargo, véase la valiosa introducción hecha por Jacob Lorch para una nueva edición de la gran obra de Schleiden *Principles of scientific botany* (reimpresión: Nueva York, 1969), ix-xxxiv.

Para la idea de la *anatomia animata* o anatomía funcional véase *Albrecht von Haller, Eine Studie zur Geistesgeschichte der Aufklärung* de Stephen d'Irsay (Leipzig, 1930), 34-45; y también "The inference of function from structure in fossils" de Martin J. S. Rudwick, *British Journal for the Philosophy of Science* 15 (1964): 27-40. Sobre Bichat y su concepción de los tejidos sigue siendo el estudio básico el "Essai sur la philosophie de Xavier Bichat" de A. Aréne, *Archives d'Anthropologie Criminelle, de Médecine Légale et de Psychologie Normale et Pathologique* 25 (1911): 791-825.

La mejor introducción general a los problemas y las personalidades de la embriología del siglo XIX es *Essays in the history of embryology and biology* de Jane M. Oppenheimer (Cambridge, Mass., 1967). *Investigations into generation 1651-1828* de Elizabeth Gasking (Baltimore, 1966) proporciona una revisión cuidadosa y una interpretación interesante de la embriología hasta aproximadamente 1850. Aún debería consultarse *The rise of embryology* de A. W. Meyer (Stanford, 1939). Dos ensayos de Frederick B. Churchill abren la contemplación de los pasos iniciales y los dilemas metodológicos en la creación de la embriología experimental durante el siglo XIX tardío: "August Weismann and a break from tradition", *Journal of the History of Biology* 1 (1968): 91-112; "From machine-theory to entelechy: Two studies in development teleology", *ibid.* 2 (1969) 165-185. Sobre el maestro de la embriología comparada, Von Baer, véase *Karl Ernst von Baer 1792-1876. Sein Leben und sein Werk* de Boris Raikov (Leipzig, 1968).

Aún está por hacerse un registro sencillo de la evolución de la *Naturphilosophie* y una valoración completa de su función en la biología del siglo XIX, *Main currents of scientific thought* de Stephen F. Mason (Nueva York, 1956), 280-290, proporciona una visión general leve pero sugerente. Owsei Temkin toca temas relacionados pero particularmente sobre la posible analogía del ciclo vital del hombre y la historia de la vida en "German concepts of ontogeny and history around 1800", *Bulletin of History of*

Medicine 24 (1950): 227-246. *The mirror and the lamp. Romantic theory and the literary tradition* de M. H. Abrams (Nueva York, 1953), 156-225, es una obra de interés sobresaliente para los estudiantes de la biología del siglo XIX; Abrams explora el significado de las teorías "mecánica" y "orgánica" de la invención poética y las relaciona con la tradición metafísica que sin duda está también subyacente al empleo que hace el biólogo de la *Naturphilosophie*. Véase también "Deutscher Idealismus und Naturforschung. Werdegang und Werk von Alexander Braun (1805 bis 1877)" de Brigitte Hoppe, *Technikgeschichte* 36 (1969): 111-132.

R. C. Olby ha descrito estudios decimonónicos de herencia y variación a través del primer decenio del mendelismo: *Origins of Mendelism* (Londres, 1966). Material semejante tratado por Hans Stubbe en *Kurze Geschichte der Genetik bis zur Wiederentdeckung der Vererbungsregeln Gregor Mendels*, 2ª ed. (Jena, 1965) proporciona una amplia bibliografía. Gerald L. Geison "The Protoplasmic theory of life and the vitalist-mechanist debate", *Isis* 60 (1969): 273-292, explora a fondo una de las más atrevidas extrapolaciones de la teoría celular mundial. El trabajo citológico que estableció el núcleo celular y probablemente los cromosomas como el vehículo de la herencia es descrito por William Coleman en "Cell, nucleus and inheritance: An historical study", *Proceedings of the American Philosophical Society* 109 (1965): 124-158. Edmund B. Wilson, un citólogo estadunidense dirigente, fue quizá el mejor testigo de la actividad del siglo en el estudio de la célula y del desarrollo individual. Su monografía clásica, *The cell in development and inheritance* (1896), revisa el estado de la ciencia en la última década antes del redescubrimiento de Mendel. Ese trabajo se ha reimpreso (Nueva York, 1966) con una importante introducción de H. J. Mueller.

Transformación

La literatura sobre la historia de la teoría evolucionista y sobre Charles Darwin es abundante. Sin embargo, la calidad y la originalidad de gran parte de estas publicaciones es poca y el lector necesita desesperadamente de una guía en la que pueda confiar en ese conjunto. El año del centenario del *Origin* de Darwin, 1959, fue la causa de un nuevo alud de publicaciones. Una guía útil para los estudios publicados durante 1963 la proporcionó Bert J. Loewenberg: "Darwin and Darwin studies, 1959-1963", *History of Science* 4 (1965): 15-64. Aunque, por desgracia, el tratamiento que da Loewenberg a

esa literatura generalmente no es crítico, su bibliografía es bastante completa; ofrece también acceso indirecto a publicaciones editadas antes de 1959.

Un logro principal del periodo del centenario es *Darwin's century. Evolution and the men who discovered it* por Loren Eiseley (Garden City, 1958). El relato que hace Eiseley de los acontecimientos de 1859 es integral y altamente legible; su informe sobre el periodo posdarwiniano es episódico y no crea un cuadro satisfactorio. En realidad, el estudio erudito de la evolución de los intereses biológicos después de 1859 ha sido, en sí mismo, inconexo y sigue siendo un área que demanda exploración sistemática. John C. Greene en *The death of Adam. Evolution and its impact on Western thought* (Ames, 1959) cubre considerablemente más que el siglo XIX. Su libro es valioso por la constante atención a la supuesta historia evolutiva del hombre y también por sus espléndidas ilustraciones. Una importante colección de ensayos a menudo altamente originales sobre la historia de la evolución es *Forerunners of Darwin, 1745-1859* de H. Bentley Glass *et al.* (reimpresión: Baltimore, 1968). Maurice Mandelbaum en "The scientific background of evolutionary theory in biology", *Journal of the History of Ideas* 18 (1957): 342-361, examina los elementos biológicos y religiosos en la difusión del pensamiento evolucionista; véase también su "Darwin's religious views", *ibid.,* 19 (1958): 363-378. David L. Hull, "The metaphysics of evolution", *British Journal for the History of Science* 3 (1967): 309-377, revisa en forma incisiva los argumentos respecto a la posible "realidad" de la especie a partir de la antigüedad y a través del siglo XIX.

No existe ninguna biografía verdaderamente satisfactoria de Darwin como biólogo. *Charles Darwin. The naturalist as a cultural force* de Paul B. Sears (Nueva York, 1950) y *Charles Darwin* de Gavin de Beer (Londres, 1963) son relatos breves y fidedignos. El estudio principal más reciente es *Darwin and the Darwinian revolution* de Gertrude Himmelfarb (Londres, 1959); se necesitan grandes precauciones para aceptar la presentación que hace Himmelfarb del trabajo científico de Darwin. *Charles Darwin. A portrait* de Geoffrey West (New Haven, 1938) no ha sido remplazado como sensible retrato del carácter. Para la primera definición de las ideas de Darwin, véase "The origin of 'The Origin' " *The Advancement of Science* de Sydney Smith, núm. 64 (1960): 391-401.

Las actividades científicas de Alfred Russell Wallace son relatadas por Wilma George, en *Biologist philosopher. A study of the life and writings of Alfred Russell Wallace* (Londres, 1964). También debería consultarse el

importante artículo de H. Lewis Mckinney: "Alfred Russell Wallace and the discovery of natural selection", *Journal of the History of Medicine* 21 (1966): 333-357. G. Beddall ha vuelto a encaminar las aparentes ambigüedades en la relación entre Wallace y Darwin y hace hincapié en los estudios de biogeografía de ambos naturalistas: "Wallace, Darwin and natural selection. A study in the development of ideas and attitudes", *Journal of the History of Biology* 1 (1968): 261-323. *La sélection naturelle. Estude sur la première constitution d'un concept* de Camille Limoges (1837-1859) (París, 1970), expone ampliamente (empleando manuscritos de Darwin) la evolución de la idea de la selección natural.

El alcance de las publicaciones de Darwin se muestra en *The works of Charles Darwin. An annotated bibliographical hand list* preparada por R. B. Freeman (Londres, 1965). La primera edición (1859) de Darwin ha vuelto a editarse en facsímil y con una introducción de Ernst Mayr: *On the origin of species* (Cambridge, Mass., 1964). *The autobiography of Charles Darwin, 1809-1882*, un documento personal de gran interés y el ensayo más amable de Darwin, ha sido publicado en forma no expurgada por Nora Barlow (Londres, 1958). Darwin y la mayoría de los naturalistas victorianos estaban en su mejor forma en correspondencia privada, privada al escribirla pero sin duda con un ojo en su eventual publicación. Nora Barlow ha publicado la correspondencia de Darwin con su estimado mentor, Henslow —una colección de cartas que revelan la evolución de las ideas evolucionarias de Darwin: *Darwin and Henslow. The growth of an idea. Letters 1831-1860* (Londres, 1967)—.

Loewenberg pone en lista numerosos estudios biográficos y de otro tipo que tratan de los muchos naturalistas del siglo XIX que desde uno y otro punto de vista confrontaron el "problema de la especie". Es bastante notable que no haya todavía un relato completo y analítico acerca de la carrera y el pensamiento de Lamarck; no obstante, véase *Lamarck. Le fondateur du transformisme* de Marcel Landrieu (París, 1909); "The formation of Lamarck's evolutionary theory" de Charles C. Gillispie, *Archives Intérnationales d'Histoire des Sciences* 9 (1956): 323-338. Sobre Cuvier, véase *Georges Cuvier, zoologist. A study in the history of evolution theory* de William Coleman (Cambridge, Mass., 1964) y también "Journées d'Etudes: George Cuvier", *Revue d'Histoire des Sciences* 23 (1970): 1-92; sobre Agassiz: *Louis Agassiz. A life in science* de Edward Lurie (Chicago, 1960), y asimismo "Agassiz, Darwin and evolution" de Ernst Mayr, *Harvard Library*

Bulletin 13 (1959): 165-194; sobre Asa Gray, el partidario estadunidense más notable de Darwin: *Asa Gray*, *1810-1888* de A. Hunter Dupree (Cambridge, Mass., 1959); sobre Hooker, el dirigente partidario británico de Darwin: *Joseph Dalton Hooker* de W. B. Turrill (Londres, 1963). A Thomas Henry Huxley y Richard Owen, abiertos protagonistas de posiciones opuestas con respecto a la hipótesis de Darwin de la selección natural, no les ha ido mejor que a Lamarck. *Thomas Henry Huxley. A sketch of his life and work* de P. Chalmers Mitchell (Nueva York, 1900) probablemente sea el mejor relato, aunque convencional, de las actividades de Huxley. Sobre Owen no hay nada de valor, ni siquiera un libro tan útil como lo sería *Vida y correspondencia* tan característico de los tiempos victorianos; los volúmenes de Owen ofrecen un ejemplo particularmente pío y horrendo *de genre.* Los estudios sobre biólogos evolucionistas y sus críticos, activos fuera de Gran Bretaña y los Estados Unidos, están escandalosamente ausentes; el más notable a este respecto es Ernst Haeckel. Sin embargo, véase la excelente revisión hecha por Piet Smith: "Ernst Haeckel and his Generelle Morphologie: An evaluation", *Janus* 54 (1967): 236-252. Asimismo, *August Weismann, Sein Leben und sein Werk* de Ernst Gaupp (Jena, 1917) y el excelente estudio de Fritz Baltzer, *Theodor Boveri life and work of a great biologist*, traducido por D. Rudnick (Berkeley, 1967). El informe de Georg Uschmann sobre la instrucción y la investigación zoológicas en la Universidad de Jena, el centro de la propaganda evolucionaria de Haeckel, proporciona una descripción bien documentada de la base institucional de la biología académica alemana: *Geschichte der Zoologie und der zoologischen Anstalten in Jena, 1779-1919* (Jena, 1959). Richard Goldschmidt hace un relato encantador y muy personal de las actividades científicas en las universidades alemanas en *Portraits from memory. Recollections of zoologist* (Seattle, 1956).

Todavía tiene valor *The founders of geology* de Archibald Geike, 2ª ed. (Londres, 1905); véase también la corta historia de la geología de C. C. Beringer: *Geschichte der Geologie und der geologischen Welthildes* (Stuttgart, 1954). *Charles Lyell* por Edward Bailey (Londres, 1962), ligera como es, es la única biografía reciente del geólogo (está en preparación una obra en varios volúmenes sobre su vida, por Leonard G. Wilson). Sobre las fuerzas geológicas véase *Natural law and divine miracle. The principle of uniformity in geology*, *biology and theology* de Reijer Hooykaas, 2ª ed. (Leiden 1963); de Leonard G. Wilson, "The origins of Charles Lyell's uniformitarianism", *Geological Society of America, Special Paper* núm. 89

(1967): 35-62; de Martin J. Rudwick, "Lyell on Etna, and the antiquity of the earth", Cecil J. Schneer (ed.), *Toward a history of geology* (Cambridge, Mass., 1969), 288-304; asimismo, de Rudwick "The strategy of Lyell's *Principles of geology", Isis* 61 (1970): 4-33. Una contribución fundamental tanto para nuestro conocimiento de Lyell como para el desarrollo de la teoría evolucionista es *Sir Charles Lyell's scientific journals on the species question*, editado por Leonard G. Wilson (New Haven, 1970). "El tiempo" como factor en la comprensión geológica temprana es el tema de Francis Haber, *The age of the world. Moses to Darwin,* (Baltimore, 1959).

La biología evolucionista después de Darwin, como se observó antes, se ha explorado poco. Yves Delage y Marie Goldsmith ofrecen una revisión conveniente pero no rigurosa de diversas hipótesis evolucionistas, incluyendo la de Darwin, en *The theories of evolution* traducido por A. Triden (Nueva York, 1912). El enteramente notable libro de Vernon L. Kellogg, *Darwinism today* (Nueva York, 1907) proporciona una estimulante valoración de la confusión total en la que se había sumergido la doctrina evolucionista hacia fines del siglo. Dos ensayos de Garlad E. Allen examinan aspectos estrechamente relacionados con falsedades de los evolucionistas: "Thomas Hunt Morgan and the problem of natural selection", *Journal of the History of Biology* 1 (1968): 113-139; "Hugo de Vries and the reception of the Mutation Theory" *ibid.* 2 (1969): 55-88. Cuatro disertaciones doctorales no publicadas tratan la recepción científica de la teoría evolucionista de Darwin en diversas naciones: de Pierce C. Mullen, *The preconditions and reception of Darwinian biology in Germany, 1800-1870* (Universidad de California, Berkeley, 1964); de Robert E. Stebbins, *French reactions to Darwin, 1859-1882* (Universidad de Minnesota, 1965); de Edward J. Pfeifffer, *The reception of Darwinism in the United States* (Universidad de Brown, 1965); y de Joe D. Burchfield, *The age of the earth. The theories and influence of Lord Kelvin* (Universidad Johns Hopkins, 1969).

Alvar Ellegaard ha valorado minuciosamente la reacción del público británico ante Darwin: *Darwin and the general reader. The reception of Darwin's theory of evolution in the British periodical press, 1859-1872* (Gotemburgo, 1958); véase también el ensayo de Ellegaard "The Darwinian theory and nineteenth-century philosophies of science", *Journal of the History of Ideas* 18 (1957): 362-393. Para las influencias darwinianas en Estados Unidos, véanse, del editor Stow Persons, *Evolutionary thought in America* (New Haven, 1950); de George H. Daniels, *Darwinism comes to*

America (Waltham, 1968). *Social Darwinism in American thought* de Richard Hofstadter, 2ª ed. (Boston, 1955) cubre sin paralelo este tema. En *Rendezvous with destiny*, 2ª ed. (Nueva York, 1956), Eric. F. Goldman examina el posible aspecto reformista del darwinismo social estadunidense. Una obra menos integral que la de Hofstadter, pero no menos valiosa, especialmente porque trata de las hasta ahora poco investigadas ramificaciones alemanas de la aplicación social de los preceptos darwinianos, es *Utopien des Menschenzüchtung; der Sozialdarwinismus und seine Folgen* (Múnich, 1955), de Hedwig Conrad-Martius. Respecto a la interacción de las ciencias y otras tendencias en pensamiento, tanto antes como después de Darwin es de notable importancia "Malthus and the evolutionists: the common context on biological and social theory" de Robert M. Young, *Past and Present* núm. 43 (1969): 109-141. La explosión teológica, supuestamente precipitada por Darwin, es la mejor conocida pero de ninguna manera la más completamente estudiada faceta del advenimiento de la teoría evolucionista. Charles C. Gillispie presenta ampliamente los antecedentes de la disputa, así como una magnífica introducción bibliográfica a todo el tema en *Genesis and geology. A study in the relations of scientific thought, natural theology, and social opinion in Great Britain, 1790-1850*, (Cambridge, Mass., 1951). Véase también de Ernst Benz, *Evolution and Christian hope*, traducido por H. G. Frank (Garden City, 1966); de John Dillenberger, *Protestant thought and natural science* (Garden City, 1960). La reacción anglicana a Darwin es descrita brevemente por John Kent en su panfleto *From Darwin to Blatchford. The role of Darwinism in Christian apologetic, 1875-1910* (Londres, 1966). Todo el tema requiere una nueva apreciación y los puntos de vista de los comentadores católicos merecen particular atención.

Hombre

La historia del estudio del hombre toca en forma peligrosamente cercana todo aspecto de la empresa humana individual y social. Los intereses de naturaleza estrictamente antropológica son desacostumbradamente difíciles de circunscribir, pero el análisis histórico es un acceso útil al problema. Tres obras recientes presentan importantes valoraciones de la doctrina antropológica durante el siglo XIX, su siglo formativo. *Evolution and society. A study in Victorian social theory* (Cambridge, 1966), por J. W. Burrow, es

un estudio difícil pero inmensamente gratificante de los años decisivos entre 1860 y 1890, en Gran Bretaña. *Histoire de l'anthropologie*, de Paul Mercier (París, 1966), hace hincapié en el periodo moderno y es particularmente útil por su exposición de la elevación de la antropología social. Wilhelm E. Mühlmann proporciona una revisión integral de todos los aspectos de la evolución de la antropología, además de una invaluable guía bibliográfica para la literatura sobre el tema en *Geschichte der Anthropologie*, 2ª ed. (Fráncfort del Meno, 1968). George W. Stocking ha coleccionado sus muchos artículos estimulantes sobre la historia de la antropología y la elaboración de sus métodos en *Race, culture and evolution: Essays in the history of anthropology* (Nueva York, 1968). Obras más populares son, de H. R. Hayes, *From ape to angel. An informal history of social anthropology* (Nueva York, 1958); de Abram Kardiner y Edward Preble, *They studied man* (Nueva York, 1961). Los estudios antiguos aún de utilidad considerable incluyen *The history of ethnological theory* de Robert H. Lowie (Nueva York, 1937), y *A hundred years of anthropology* de T. K. Penniman (Londres, 1935).

La distinción entre antropología y sociología se pierde fácilmente en los primeros años de esas disciplinas; las historias de la última ayudan mucho a comprender la evolución de la primera. Véanse particularmente, de Howard Becker y Harry E. Barnes, *Social thought from lore to science*, 2ª ed. (Washington, 1952), una obra inmensa que literalmente revienta de información; de Emory S. Bogardus, *The development of social thought* (Nueva York, 1940); y de Robert Mackintosh, *From Comte to Benjamin Kidd. The appeal to biology or evolution for human guidance* (Nueva York, 1899), una obra especialmente interesante por la apreciación contemporánea y crítica del autor. Cynthia E. Russett examina claramente los antecedentes del hincapié sociológico estadunidense sobre la estabilidad u homeostasis del organismo social en *The concept of equilibrium in american social thought* (New Haven, 1966). E. E. Evans-Pritchard presenta un excelente relato general de los comienzos e intereses de la antropología social en *Social anthropology and other essays* (reimpresión: Nueva York, 1964), 1-134.

Margaret T. Hodgen brinda un fascinante relato del periodo de gestación de la antropología en *Early anthropology in the sixteenth and seventeenth centuries* (Filadelfia, 1964). El contacto del hombre occidental con una cultura ajena lo expone sencillamente Roy H. Pearce en *Savagism and civilization. A study of the Indian and the American mind*, 2ª ed. (Baltimore,

1965). Dos colecciones de textos ofrecen la mejor introducción para los intereses y la base filosófico-moral del pensamiento del siglo XVIII respecto al hombre en sus diversos estados: del editor J. S. Slotkin, *Readings in early anthropology* (Chicago, 1965); de Louis Schneider, *The Scottish moralists. On human nature and society* (Chicago, 1967). Gladys Bryson, en *Man and society* (Princeton, 1945), revisa a fondo las doctrinas de los moralistas escoceses.

Mucho se ha escrito, a menudo en forma de disputa, sobre el "método comparativo". Véanse especialmente, de Erwin H. Ackerknecht, "On the comparative method in anthropology", R. F. Spencer (ed.), *Method and perspective in anthropology. Papers in honor of Wilson D. Wallis* (Minneapolis, 1954), 117-125; de Kenneth E. Bock, "The comparative method of anthopology", *Comparative Studies in Society and History* 2 (1966): 269-280; y de William N. Fenton, "J.-F. Lafitau (1681-1746), precursor of scientific anthropology", *Southwestern Journal of Anthropology* 25 (1969): 173-187.

Kenneth Bock, en "Darwin and social theory", *Philosophy of Science* 22 (1956): 123-134, expone la supuesta relación íntima entre las doctrinas biológica y evolucionista social. Idus L. Murphree, proporciona información más abundante sobre este tema en "The evolutionary anthropologists: The progress of mankind. The concepts of progress and culture in the thought of John Lubbock, Edward B. Tylor and Lewis H. Morgan", *Proceedings of the American Philosophical Society* 105 (1961): 265-300.

The idea of prehistory de Glyn Daniel (Cleveland, 1963) es una agradable introducción a la historia de la arqueología. Robert F. Heizer (ed.), presenta textos arqueológicos importantes en *Man's discovery of his past. Literary landmarks in archeology* (Englewood Cliffs, 1962). John R. Baker describe la recuperación de los restos del hombre moderno en "Cro-magnon man, 1868-1968", *Endeavor* 27 (1968): 87-90.

"The beninnings of anthropology in America" de A. Irving Hallowell, Frederica de Laguna (ed.), *Selected paper from the American anthropologist, 1888-1920* (Evanston, 1960), 1-104, cubre una gama mucho más amplia de material que lo que sugiere su título. Igual ocurre con "Horatio Hale and the development of American anthropology" de Jacob W. Gruber, *Proceedings of the American Philosophical Society* 111 (1967): 5-37. Sobre el racismo en el pensamiento estadunidense véase el gran examen y revisión de la opinión inicial por Winthrop D. Jordan, *White over black. American attitudes toward*

the negro, 1550-1812 (Chapel Hill, 1968); la narrativa completa de William Stanton sobre la "Escuela estadunidense" de antropología: *The leopard's spots. Scientific attitudes toward race in America, 1815-1859* (Chicago, 1960); de T. F. Gossett, *Race: the history of an idea in America* (Dallas, 1963); y la notable revisión de Mark H. Haller, *Eugenics. Hereditarian attitudes in American thought.* (New Brunswick, 1963).

Son relatos biográficos y analíticos de calidad notablemente variable, acerca de los primeros defensores y los proponentes tardíos de la posibilidad y los procedimientos de las ciencias sociales: de Frank N. Manual, *The prophets of Paris* (Cambridge, Mass., 1960), que incluye una excelente exposición de los antecedentes y la evolución de las ideas sociales de Comte; de Keith N. Baker, "Scientism, elitism and liberalism: the case of Condorcet", *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century* 55 (1967): 129-165; de Carl Resek, *Lewis Henry Morgan. American scholar* (Chicago, 1960); de Émile Durkheim *et al., Essays on sociology and philosophy*, *with appraisals of his life and thought*, K. H. Wolff (ed.) (reimpresión: Nueva York, 1964); de Melville J. Herskovits, *Franz Boas. The science of man in the making* (Nueva York, 1953); y de Raymond Firth (ed.), *Man and culture. An evaluation of the work of Malinowski* (Londres, 1957). No existe un relato completo y satisfactorio acerca del metafísico más vehemente de Inglaterra, pero véase *Herbert Spencer. The man and his work* de Hector Macpherson, 2ª ed. (Londres, 1901); y *Herbert Spencer* de J. Arthur Thomson (Londres, 1906), una obra especialmente valiosa por sus relatos de las opiniones biológicas de Spencer. Sydney Eisen compara las opiniones de Spencer y Comte sobre el importante tema de la clasificación de las ciencias en "Herbert Spencer and the spectre of Comte", *Journal of British Studies* 7 (1967): 48-67.

Función

No existe en inglés ninguna revisión integral fidedigna del gran dominio de la fisiología en el siglo XIX; las obras incluso son raras y de poco valor. Una introducción general a los problemas y las escuelas de pensamiento de ese periodo es *Geschichte der Physiologie* de K. E. Rothschuh (Berlín, 1953), 91-224, una obra de lo más útil. Rothschuh vuelve a hacer hincapié en los temas más amplios de la materia en "Ursprünge und Wandlungen der physiologischen Denkweise im 19. Jahrhundert", *Physiologie im Werden*

(Stuttgart, 1969), 155-181. El excepcional ensayo de Georges Canguilhem, "La constitution de la physiologie comme science", *Études d'histoire et de philosophie des sciences* (París, 1968), 226-273, examina la convergencia de disciplinas e intereses que crean una ciencia. La literatura reciente que trata temas fisiológicos, particularmente de principios del siglo, es revisada y puesta en lista por Everett Mendelsohn en "The biological sciences in the nineteenth century: some problems and sources", *History of Science* 3 (1964): 39-59. *Selected readings in the history of physiology*, por John F. Fulton y Leonard G. Wilson, 2ª ed. (Springfield, Ill., 1966), ofrece comentarios y muchos textos del siglo XIX, con claro hincapié sobre la fisiología médica. Una provocativa discusión del sitio de la fisiología en la capacitación y el trabajo del médico es presentada por Owsei Temkin en "The dependence of medicine on basic scientific thought", C. McC. Brooks y P. F. Cranefield (eds.), *The historical development of physiological thought* (Nueva York, 1959), 5-21. Un registro altamente sugerente de la introducción y la utilización de los instrumentos fisiológicos lo brinda Dietmar Rapp en *Die Entwicklung der physiologischen Methodik von 1784 bis 1911. Eine quantitative Untersuchung* (Münster, 1970).

Everett Mendelsohn relata ampliamente los antecedentes de la fisiología respiratoria del siglo XIX en *Heat and life. The development of the theory of animal heat* (Cambridge, Mass., 1964). G. J. Goodfield proporciona un examen más intenso de este tema de los años 1800 a 1850, junto con un intento de resolver la controversia mecanicista-vitalista: *The growth of scientific physiology* (Londres, 1960). El principal estudio de la fisiología respiratoria del siglo XIX es la disertación doctoral no publicada de Charles A. Culotta, *A history of respiratory theory: Lavoisier to Paul Bert, 1777-1880* (Universidad de Wisconsin, 1968); véanse también de Culotta "Tissue oxidation and theoretical physiology: Bernard, Ludwig and Pflüger", *Bulletin of the History of Medicine* 44 (1970): 109-140, y de Bradley T. Scheer, "The development of the concept of tissue respiration", *Annals of Science* 4 (1939): 295-305. *History of cell respiration and cytochrome* de David Keilin (Cambridge, 1966) se concentra en el siglo XX. Su exposición (1-139) de las primeras investigaciones es, no obstante, de capital importancia. "Energy conservation as an example of simultaneous discovery" de Thomas S. Kuhn, *Critical problems in the history of science*, M. Clagett (ed.) (Madison, 1959), 321-356, es una revisión fundamental del tema. El lector encontrará una rica exposición de la naturaleza y las

indicaciones de la doctrina de la energía en *The correlation and conservation of forces. A series of expositions*, de William R. Grove *et al.*, 6ª ed. (Londres, 1874). A este respecto es de lo más útil "The conservation of energy and the study of metabolism" de George Rosen, Brooks y Cranefield (ed.), *The historical development of physiological thought*, 243-263.

Sobre la noción de la máquina animal, véase, de A. Vartanian, *La Mettrie's L'homme machine*. *A study in the origins or an idea* (Princeton, 1960). Sobre Lavoisier y la revolución química, véanse de Douglas McKie, *Antoine Lavoisier* (Londres, 1935); de J. R. Partington, A *history of chemistry* (Londres, 1962), III, 362-495. Las opiniones, hasta aproximadamente 1840, acerca de los supuestos sitios de producción de calor dentro del cuerpo vivo son revisadas por Everett Mendelsohn en "The controversy over the site of heat production in the body", *Proceedings of the American Philosophical Society* 105 (1961): 412-420.

La exploración de la historia de los estudios metabólicos fue durante mucho tiempo terreno de los mismos fisiólogos; sólo recientemente ha atraído el tema a los historiadores. Aunque la divagadora "A history of metabolism" de Graham Lusk, L. F. Barker (ed.), *Endocrinology and metabolism* (Nueva York, 1922), III, 1-78 ofenderá la sensibilidad aun del crítico histórico más exigente, sigue siendo la única revisión global del tema. Una obra aparentemente limitada pero en realidad altamente sugerente es la de Charles A. Browne, *Source book of agricultural chemistry* (Waltham, 1944). El estudio moderno de los químicos agricultores franceses de las décadas de 1830 y 1840 es un desiderátum mayor; véase la valiosa contribución de Richard C. Aulie, "Boussingault and the nitrogen cycle", *Proceedings of the American Philosophical Society* 114 (1970): 435-479. *A history of nutrition. The secuence of ideas in nutrition investigations* de Elmer V. McCollum (Boston, 1957) cubre su tema de manera verdaderamente exhaustiva. La investigación integral de Nikolaus Mani de estudios de la función hepática es altamente pertinente para las cuestiones del metabolismo general: *Der historischen Grundlagen der Leberforschung* (Basilea, 1967), II, 250-369. "Die Entwicklung der Stoffwech sellehre und die Münchener Schule" de Friedrich Müller, *Münchener medizinische Wochenschrift* 80 (1933): 1655-1656, es un relato personal de la escuela alemana líder en investigación metabólica.

A la "bioquímica" probablemente no se le pueda llamar adecuadamente una ciencia del siglo XIX. Pero la química de las operaciones vitales será, por

supuesto, objeto de estudio más y más activo durante ese periodo y en él aumentó también la investigación histórica de esa actividad. El estudio fundamental para orientación en el tema es “Elementary analysis and the origins of physiological chemistry” de Frederick L. Holmes, *Isis* 54 (1963): 50-81. También debería consultarse “The problem of organic analysis”, de Erwin N. Hiebert, *Mélanges Alexandre Koyre*, I. B. Cohen y R. Taton (ed.) (París, 1964), I, 303-325. La generosa introducción de Holmes a *Animal chemistry or organic chemistry in its application to physiology and pathology* de Justus Liebig, W. Gregory (ed.) (reimpresión: Nueva York, 1964), introduce el tema de los estudios del “equilibrio metabólico” o de alimentos. Amplia cobertura de la evolución de la “química fisiológica” y la “bioquímica” proporciona Aaron Ihde, con una valiosa exposición bibliográfica, en *The development of modern chemistry* (Nueva York, 1964), 418-442, 643-670. Sobre fermentación y química véase *Pasteur’s study of fermentation* de James B. Conant (Cambridge, Mass., 1952).

Las perplejidades con respecto al vitalismo clínico han adquirido una vida propia. “Wöhler’s urea, and its vital force? —A verdict from the chemists”, de John H. Brooke, *Ambix* 15 (1968): 84-113, asesta un golpe muy fuerte a la creencia del vitalismo muerta por Wöhler. Las opiniones de Berzelius, centrales a estas discusiones, son bien tratadas por Bent S. Jørgensen, en “Berzelius und die Lebenskraft”, *Centaurus* 10 (1964): 258-281. Dos ensayos de Timothy O. Lipman exploran las ambigüedades del “vitalismo” de Liebig: “The response to Liebig’s vitalism”, *Bulletin of the History of Medicine* 40 (1966): 511-524; “Vitalism and reductionism in Liebig’s physiological thought”, *Isis* 58 (1957): 167-185. Sobre Liebig y el vitalismo, véase también *Growth of scientific physiology* de G. J. Goodfield, 113-155. El enfoque químico en estos temas es descrito por Jean Jacques en “Le vitalisme et la chimie organique pendant la premiêre moitié du XIXème siècle”, *Revue d’Histoire des Sciences et de Leurs Applications* 3 (1950): 32-66, y expuesto más completamente e ilustrado con textos contemporáneos por O. Theodor Benfey, *From vital force to structural formulas* (Boston, 1964). *Ideas of life and matter* de Thomas S. Hall (Chicago, 1969), capítulos 25, 28-36, 43-45, proporciona una invaluable taxonomía de los “vitalismos” anteriores al siglo XX.

La erudición reciente ha reducido grandemente la opción física a una marca distintiva del reduccionismo fisiológico. Mientras que aún tiene que comprobarse la legitimidad completa de este gesto, no ha habido

interpretaciones de alternativas persuasivas; aún tiene que establecerse si el reduccionismo fisiológico a gran escala en el siglo XIX es un artefacto de los historiadores o de veras un tema central, quizá el central, en la racionalización de la ciencia. El tema fue hecho notable por Owsei Temkin en "Materialism in French and German physiology in the early nineteenth century", *Bulletin of the History of Medicine* 20 (1946): 322-327, y en un sobresaliente ensayo de Paul C. Cranefield: "The organic physics of 1847 and the biophysics of today", *Journal of the History of Medicine* 12 (1957): 407-423. Subsecuentemente, la interpretación reduccionista ha sido perseguida vigorosamente por Everett Mendelsohn; véase especialmente su "Physical models and physiological concepts; explanation in nineteenth-century biology", *British Journal for the History of Science* 2 (1965): 201-219. Diversos ensayos y críticas de la costumbre reduccionista aparecen en los procedimientos de una conferencia sobre explicación en biología, Everett Mendelsohn (ed.) *et al.*, *Journal of the History of Biology* 2 (1969): 3ª ed. completa. Particularmente valiosas en esta colección son las observaciones moderadas de Kenneth F. Schaffner, "Theories and explanations in biology", 19-33; véase también su "Antireductionism and molecular biology", *Science* 157 (1967): 644-647.

Las ideas de los enemigos declarados de los reduccionistas, los defensores de una "fuerza vital" autónoma, son presentadas en forma concisa en una antigua antología: *Die Lebenskraft in den Schriften der Vitalisten und ihrer Gegner*, Alfred Noll (ed.) (Leipzig, n.d.). El material biográfico sobre el grupo de Berlín es razonablemente accesible. *Carl Ludwig. Bergrundung der messenden Experimentalphysiologie* de Heinz Schröer (Stuttgart, 1967) es un relato excelente de la investigación y la instrucción del gran maestro y ofrece también la introducción quizá más valiosa de la creación de una fisiología experimental autoconsciente del siglo XIX. Sobre Du Bois-Reymond véase *Emil Du Bois-Reymond* de Heinrich Boruttau (Viena, 1922); sobre Brücke, de Ernst T. Brücke, *Ernst Brücke* (Viena, 1928); sobre Helmholtz como fisiólogo, *Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz* de John McKendrick (Londres, 1899). Sobre el maestro intelectual de los primeros reduccionistas, cuyos conceptos llegaron a negar estos últimos, véase *Johannes Müller. Das Leben des rheinischen Naturforschers* de Wilhelm Haberling (Leipzig, 1924); y *Johannes Müllier. Das Leben des Biologens, 1801-1858* de Gottfried Koller (Stuttgart, 1958).

La exposición del positivismo en interpretación fisiológica se ha enfocado

adecuadamente sobre Claude Bernard; la difusión y la elaboración de sus ideas, particularmente fuera de Francia, merece mucha investigación adicional. El relato más explícito y persuasivo sobre el positivismo de Bernard es el de D. G. Charleton: *Positivist thought in France during the Second Empire, 1852-1870* (Oxford, 1959), 72-85. La influencia de Comte sobre el pensamiento biológico francés recibe la atención de Georges Canguilhem en "La philosophie biologique d'Auguste Comte et son influence en France au XIX^e siècle", *Études d'Histoire et de Philosophie des Sciences*, 61-74. Canguilhem ha dedicado numerosos ensayos a diversos aspectos de la investigación científica y la postura filosófica de Bernard; éstos están reimpresos en *ibid.*, 127-172. Otra colección de ensayos extremadamente valiosos sobre Bernard, su obra y relaciones intelectuales es la de Joseph Schiller, *Claude Bernard et les problemes scientifiques de son temps* (París, 1967). También merece atención el corto artículo de Schiller: "Claude Bernard and the cell", *The Phisiologist* 4 (1961): 62-68, Bernard ha obtenido gran reputación por su noción de un ambiente fisiológico interno; Frederick L. Holmes relata la articulación de este concepto con el interés de Bernard en la teoría celular: "The *milieu intérieur* and the cell theory", *Bulletin of the History of Medicine* 37 (1963): 315-335, y también expone la importancia de la idea para las opiniones fisiológicas de Bernard: "Claude Bernard and the *milieu intérieur*", *Archives Intérnationales d'Histoire des Sciences* 16 (1963): 369-376. *Claude Bernard and the experimental method in medicine* de J. M. D. y E. H. Olmsted (reimpresión: Nueva York, 1961) es una útil valoración general de las empresas del fisiólogo; *François Magendie* de J. M. D. Olmsted (Nueva York, 1944) es un estudio superior del mentor de Bernard y él mismo un fisiólogo experimental excepcionalmente capaz.

ÍNDICE ANALÍTICO

* Además del presente tomo, el FCE ha publicado de esta serie los trabajos de Edward Grant, *La ciencia física en la Edad Media*, y de Garland Allen, *La ciencia de la vida en el siglo* XX. [Ed.]

[1] *Introducción al estudio de la medicina experimental*.

[1] *Nosografía filosófica.*

[2] *Tratado de las membranas*; *Anatomía general.*

[3] *La generación.*

[4] *Contribución a la fitogénesis.*

[5] *Investigaciones microscópicas acerca de la correspondencia en estructura y crecimiento entre animales y plantas.*

[6] *Anatomía general.*

[7] *Manual de histología.*

[8] *Manual de histología.*

[1] *On the developmental history of animals* (1828-1837). *[La historia del desarrollo de los animales.]*

[2] *La forma de nuestro cuerpo y el problema fisiológico.*

[1] *Filosofía zoológica.*

[1] *Antigüedades célticas y antediluvianas.*

[2] *Bosquejo de un cuadro histórico del progreso del espíritu humano.*

[*] *Sociedad antigua.* [T.]

[3] *Curso de filosofía positiva.*

[4] *Reglas del método sociológico.*

[1] *Tratado del hombre; Pasiones del alma.*

[2] *El hombre máquina.*

[*] *Química agrícola; Química animal, o química orgánica en su aplicación a la fisiología y la patología.* [T.]

[**] *Principios de fisiología general.* [T.]

[3] *Investigaciones sobre electricidad animal.*

[4] *Tratado de fisiología humana.*

[1] *Elementos de la exacta teoría de la herencia.*

ÍNDICE GENERAL

William Coleman

LA BIOLOGÍA EN EL SIGLO XIX

PROBLEMAS DE FORMA, FUNCIÓN Y TRANSFORMACIÓN

El vocablo "biología" apareció por vez primera en una nota a pie de página de una oscura publicación alemana hacia 1800; desde entonces, lo que había sido una palabra amonedada por necesidades científicas de expresión se ha convertido en una gran ciencia. El fenómeno no es en modo alguno gratuito o casual: a principios del siglo XIX estaban dadas las condiciones para que ello ocurriera y para que la ciencia de la vida iniciara su despliegue sistemático y se convirtiera en una disciplina de notables alcances en la aventura del conocimiento humano.

La forma, las funciones y las transformaciones de los seres vivos fueron la triple preocupación de los biólogos del siglo pasado; en esos tres grandes campos se concentra y a ellos atiende principalmente el autor de esta obra. William Coleman cuenta cómo, en el siglo XIX, cambiaron los métodos y los objetivos de la ciencia natural, de modo que la ciencia biológica fue constituyéndose a partir de esa tríada fundamental.

